

***INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA***



Luiz Adolfo Schiller

Construção de um modelo de simulação computacional para  
avaliar e dimensionar componentes de desembarque de  
terminais de passageiros

*Trabalho de Graduação*  
*2011*

***Civil***

LUIZ ADOLFO SCHILLER

**CONSTRUÇÃO DE UM MODELO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA  
AVALIAR E DIMENSIONAR COMPONENTES DE DESEMBARQUE DE  
TERMINAIS DE PASSAGEIROS**

Orientador  
Prof. Dr. Anderson Correia Ribeiro (ITA)

**Divisão de Engenharia Civil**

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2011

## **Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

### **Divisão de Informação e Documentação**

Schiller, Luiz Adolfo.

Construção de um modelo de simulação computacional para avaliar e dimensionar componentes de desembarque de terminais de passageiros. / Luiz Adolfo Schiller.

São José dos Campos, 2011.

Número de folhas no formato 68f.

Trabalho de Graduação – Divisão de Engenharia Civil –

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2011. Orientador: Prof. Dr. Anderson Ribeiro Correia.

1. Modelagem. 2. Dimensionamento. 3. Simulação. 4. Desembarque. I. Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. II. Construção de um modelo de simulação computacional para avaliar e dimensionar componentes de desembarque de terminais de passageiros.

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

SCHILLER, Luiz Adolfo. **Construção de um modelo de simulação computacional para avaliar e dimensionar componentes de desembarque de terminais de passageiros.** 2011. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

NOME DO AUTOR: Luiz Adolfo Schiller

TÍTULO DO TRABALHO: Construção de um modelo de simulação computacional para avaliar e dimensionar componentes de desembarque de terminais de passageiros.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2011

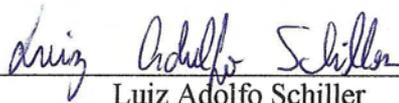
É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

Luiz Adolfo Schiller

Rua Coronel Moreira César nº 126 apto 704, Icaraí. Niterói – RJ. Brasil.

**CONSTRUÇÃO DE UM MODELO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA AVALIAR E  
DIMENSIONAR COMPONENTES DE DESEMBARQUE DE TERMINAIS DE PASSAGEIROS**

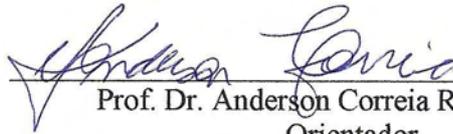
Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



---

Luiz Adolfo Schiller

Autor



---

Prof. Dr. Anderson Correia Ribeiro (ITA)

Orientador



---

Prof. Dr. Eliseu Lucena Neto

Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 24 de novembro de 2011

# Agradecimentos

Agradeço à minha família pelo apoio incondicional dado durante minha vida, pela força nos momentos difíceis e pelo amor que sempre nos uniu.

Aos meus professores por todo o tempo dedicado ao meu aprendizado ao longo de todos esses anos no ITA.

Ao Professor Conselheiro Emmanuel e ao Professor Orientador Anderson pelo apoio e orientação ao longo das atividades no curso profissional e se envolvendo na escolha dos meus caminhos de carreira e decisões pessoais.

Ao Professor Paulo Ivo, que tantas vezes foi capaz de me orientar além do que eu conseguia enxergar, de perceber limitações e qualidades que me ajudaram muito em meu desenvolvimento pessoal. Um verdadeiro amigo!

Aos meus colegas, pelo carinho que recebi desde que passei a integrar a turma, por terem me ajudado em momentos de dificuldade e por terem sido minha companhia no trilhar do ITA e em momentos de descontração.

À Mayara, que além de ter se tornado uma referência de estudos para a turma e para as futuras gerações da Civil no ITA, se tornou uma grande amiga!

Às alunas de pós-graduação Giovanna Miceli e Viviane Falcão, que gentilmente me forneceram dados de suas pesquisas, que foram essenciais para que eu concluísse o TG.

À Nazaré, que sempre conviveu com os alunos, em meio ao estressante dia a dia, e sempre disponível a colaborar para o bom funcionamento da Divisão e a atender os alunos.

Ninguém é tão grande que não possa aprender,  
nem tão pequeno que não possa ensinar.

## **Resumo**

Este estudo construiu um modelo de simulação computacional para avaliar nível de serviço e dimensionar componentes de desembarque baseados no movimento do Aeroporto Internacional de Guarulhos. Os resultados devem ser relativizados, pois alguns dados de entrada no modelo foram arbitrados. Apesar de não ser uma conclusão definitiva, há uma indicação de que a área de restituição de bagagens e de vistoria de passaportes dimensionados por métodos tradicionais seja maior do que a necessária para oferecer o nível de serviço pretendido.

## **Abstract**

This study built a computer simulation model to design and measure the level of service of international arrival components based on the arrival movement of the International Airport of Guarulhos. The results should be relativized because some input data in the model were arbitrated. Although not a definitive conclusion, there is an indication that the baggage claim and the passport check area designed after traditional methods is greater than necessary to provide the desired level of service.

## **Lista de abreviaturas, siglas e símbolos**

ANAC - Agência Nacional da Aviação Civil

SBGL – Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro/Galeão

SBGR – Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos

SRB ou RB – Sala de restituição de bagagem

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>12</b>
1.1	Motivação .....	12
1.2	Proposta Inicial .....	12
1.3	Projeto.....	13
1.4	Revisão da Literatura e Fundamentos Teóricos .....	13
<b>2</b>	<b>Metodologia .....</b>	<b>17</b>
2.1	Dimensionamento Preliminar .....	18
2.1.1	Vistoria de Passaportes .....	19
2.1.2	Restituição de Bagagens.....	21
2.2	Modelagem .....	21
2.2.1	Ferramenta Utilizada .....	21
2.2.2	Dados .....	21
2.3	Modelo.....	28
2.3.1	Chegada de Aeronaves .....	28
2.3.2	Atribuição de posições de desembarque.....	31
2.3.3	Desembarque .....	33
2.3.4	Sala de Verificação de Passaportes .....	34
2.3.5	Alocação de voos para esteiras .....	37
2.3.6	Sala de Restituição de Bagagem.....	39

<b>3 Resultados .....</b>	<b>41</b>
<b>4 Discussão dos Resultados.....</b>	<b>44</b>
<b>5 Conclusões e Recomendações.....</b>	<b>45</b>
<b>6 Sugestões para Trabalhos Posteriores.....</b>	<b>46</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>47</b>
<b>Apêndice A – HOTRAN de voos com chegada em SBGR .....</b>	<b>48</b>
<b>Apêndice B – Dados coletados no SBGL.....</b>	<b>50</b>
<b>Apêndice C – Relatório de Resultados do Arena .....</b>	<b>53</b>

# 1 Introdução

## 1.1 Motivação

Presenciamos um período de explosão no crescimento do uso do transporte aéreo. Num momento em que as previsões de demanda estão cada vez mais imprecisas, pois até mesmo as previsões mais ousadas têm sido ultrapassadas nos últimos doze meses. Diversas empresas aéreas possuem planos de operação da aeronave Airbus A-380 em vários aeroportos ao redor do mundo e sua operação no Brasil é esperada e inevitável. Diversas adaptações serão necessárias em termos de ajustes no lado aéreo (pistas e pátios), assim como nos terminais de passageiros. Também já se fala da necessidade de construção de um novo aeroporto para a Região Metropolitana de São Paulo.

## 1.2 Proposta Inicial

O estudo pretende desenvolver e aplicar um modelo de simulação computacional por eventos discretos para avaliar componentes de desembarque para um hipotético novo aeroporto que venha a ser o principal operador de voos internacionais na Região Metropolitana de São Paulo, substituindo o Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos, considerando a demanda esperada em 2025. Além do aumento de movimentos em relação ao movimento atual do SBGR para produzir artificialmente o movimento de passageiros na hora-pico calculado no estudo de demanda, foram adicionadas ao modelo “new large aircrafts”, mais especificamente a aeronave Airbus A-380. O estudo visa entender o funcionamento de componentes de desembarque no terminal de passageiros, particularmente as áreas de imigração (controle de passaportes) e salas de restituição de bagagens e produzir um modelo capaz de dimensioná-los.

Para construção do modelo, foram utilizados dados coletados no desembarque internacional do Aeroporto Internacional Tom Jobim/Galeão (SBGL), assim como referências da literatura acadêmica e técnica. O *software* Arena foi utilizado para o desenvolvimento do modelo e demais análises de cenários.

### 1.3 Projeto

Foi utilizado o Projeto do terceiro aeroporto da RMSP (Carlos, Condé e Schiller, 2010), que teve como aeronave de projeto o A-380, realizado na disciplina TRA-52, dimensionado pelo método Medeiros (2004). O estudo em questão leva em consideração a chegada de aeronaves de grande porte. Foi aproveitado o dimensionamento das áreas em estudo neste trabalho.

### 1.4 Revisão da Literatura e Fundamentos Teóricos

A principal referência utilizada foi a Tese de Mestrado de Medeiros, A. G. M. (2004) *Um Método Para Dimensionamento de Terminais de Passageiros em Aeroportos Brasileiros*. Ali são definidos alguns padrões de nível de serviço nos quais foi baseado o dimensionamento preliminar. Os níveis de serviço empregados neste estudo são Alto, Bom e Regular, conforme mostrado nas Tabelas 1 e 2.

- A – Alto: alto padrão de conforto, fluxo livre, sem atrasos;
- B – Bom: bom nível de conforto, fluxo normal, componentes em equilíbrio;
- C – Regular: nível de conforto aceitável, fluxo instável, atrasos toleráveis, condições aceitáveis por pequenos períodos, capacidade limite do sistema.

**Tabela 1: Índices de dimensionamento da área de vistoria de passaportes.**

Nível de serviço	Índices de dimensionamento (m <sup>2</sup> /pax)
A – Alto	1,20
B – Bom	1,00
C – Regular	0,80

Fonte: Medeiros, 2004.

**Tabela 2: Índices de dimensionamento (m<sup>2</sup>/pax) da área de restituição de bagagens.**

Nível de serviço	Internacional	Doméstico	Regional
A – Alto	2,00	1,60	1,30

B – Bom	1,60	1,40	1,10
C – Regular	1,30	1,10	0,80

Fonte: Medeiros, 2004.

Segundo a IATA, conforme encontrado na referência ANAC (2011) *Relatório 6*, os níveis de serviço são qualitativamente descritos como:

- Nível A: Excelente Nível de Serviço, condição de livre fluxo, excelente nível de conforto;
- Nível B: Elevado Nível de Serviço, condição de fluxo estável, poucos atrasos, elevado nível de conforto;
- Nível C: Bom Nível de Serviço, condição de fluxo estável, atrasos aceitáveis, bom nível de conforto;
- Nível D: Adequado Nível de Serviço, condição de fluxo instável, atrasos aceitáveis em curtos períodos de tempo, adequado nível de conforto;
- Nível E: Inadequado Nível de Serviço, condição de fluxo instável, atrasos inaceitáveis, inadequado nível de conforto;
- Nível F: Inaceitável Nível de Serviço, condição de cruzamento de fluxos, falência do sistema e atrasos inaceitáveis, inaceitável nível de conforto.

Existe uma correspondência entre o nível de serviço adotados: níveis Alto, Bom e Regular e os níveis de serviço recomendados pela IATA, conforme mostra a Tabela 3.

**Tabela 3: Correspondência entre nível de serviço IATA e o nível de serviço adotado no estudo.**

Nível de service padrão IATA	Nível de serviço correspondente no estudo
Nível A: Excelente Nível de Serviço	Nível de Serviço Alto
Nível B: Elevado Nível de Serviço	
Nível C: Bom Nível de Serviço	Nível de Serviço Bom
Nível D: Adequado Nível de Serviço	Nível de Serviço Regular

Nível E: Inadequado Nível de Serviço

Colapso

Nível F: Inaceitável Nível de Serviço

Outra referência utilizada neste estudo foi Eller, R. A. G., Feitosa, M. V. M. e Porto, P. P. (2011) *Simulation model of a baggage claim device coping with a new large aircraft (NLA)*. Revista de Literatura dos Transportes, vol. 5, n. 2, pp. 63-72. Neste trabalho foi feito um modelo de simulação do funcionamento de uma esteira de passageiros levando em consideração a necessidade de o passageiro e sua bagagem precisarem se encontrar na restituição de bagagens para os dois poderem sair do sistema. Infelizmente o modelo construído não pode ser obtido com os autores, o que teria enriquecido bastante o modelo proposto neste TG. No entanto, uma das premissas utilizadas nesta referência foi aproveitada: a proporção de passageiros brasileiros e estrangeiros no desembarque internacional.

Para aprender a utilizar o software Arena, foi utilizado o livro *Simulation Modeling and Analysis with Arena* (Ahtiok e Melamed, 2007). Segundo o livro, uma sequência de passos é necessária para construir um modelo de simulação computacional:

1. *Análise do problema e coleta de informações*. Raramente o modelo é construído por ele mesmo. Geralmente é orientado por um problema de um sistema real, cuja solução é o objetivo da modelagem. Esta atividade inclui a identificação dos parâmetros de entrada, medidas de desempenho de interesse, relações entre variáveis e a lógica do diagrama de fluxo;
2. *Coleta de dados*. É necessária para estimar os parâmetros de entrada do modelo. O analista pode formular distribuições de variáveis aleatórias no modelo. Quando dados estão faltando, é possível inclusive designar faixas de valores para alguns parâmetros e efetuar a simulação para vários valores. A coleta de dados também é necessária para que seja feita a validação do modelo. Os dados coletados são comparados com o resultado da simulação;
3. *Construção do modelo*. Uma vez que o problema já está estudado e os dados necessários coletados, o analista pode construir o modelo e implementá-lo como um programa de computador. A linguagem do modelo pode ser uma linguagem de uso geral, como C++, Visual Basic, FORTRAN, ou uma linguagem de ambiente ou simulação de propósito especial como Arena, Promodel ou GPSS;

4. *Verificação do modelo.* O propósito da verificação do modelo é verificar que ele está construído corretamente e que faz o que deve fazer. A verificação é feita por inspeção comparando a especificação do modelo com o código do modelo;
5. *Validação do modelo.* Todo modelo deve ser iniciado como uma mera proposta sujeita à validação. A validação examina o quanto o modelo se encaixa com os dados coletados. É claro que a validação só pode ser feita se o analista dispuser de todos os dados necessários coletados do sistema da vida real. Qualquer discrepância significativa sugere que o modelo é inadequado para o propósito a que ele foi designado;
6. *Projetando e conduzindo experimentos de simulação.* Uma vez que o modelo seja julgado válido, o analista pode selecionar um número de cenários e rodar a simulação. Para obter confiabilidade suficiente com a simulação, ela pode ser replicada (roda-se a simulação múltiplas vezes, sujeito a diferentes sequências de números aleatórios) e é feita a média aritmética dos resultados para diminuir variação estatística;
7. *Análise de resultados.* Os desempenhos medidos são submetidos a uma análise estatística e lógica. Um problema típico é escolher um projeto entre algumas alternativas de projeto. Uma análise estatística deve ser feita para escolher o melhor projeto;
8. *Recomendações finais.* Finalmente o analista usa a análise de resultados para formular as recomendações finais para os problemas do sistema real. Isso geralmente é parte de um relatório escrito.

Foram seguidos os passos 1 a 4, com exceção de que os dados coletados foram adquiridos de outros pesquisadores. Como a extensão destes dados não foi suficiente para realizar a validação do modelo, as etapas subsequentes foram realizadas como demonstração do uso do modelo e os resultados produzidos não têm valor científico.

## 2 Metodologia

Foi criado um modelo computacional para simular operações de desembarque. As principais variáveis do modelo são elementos de infraestrutura aeroportuária: área da sala de verificação de passaporte, área da sala de restituição de bagagens, quantidade de agentes de imigração realizando atendimento de verificação de passaportes, quantidade de esteiras de bagagem atendendo os voos.

O modelo se baseia em alguns parâmetros que são dados coletados *in-loco*: tempo de duração do atendimento na verificação de passaportes e o tempo de espera por bagagens na Sala de Restituição de Bagagem (SRB ou RB, no modelo). Através deste modelo é possível identificar o nível de serviço oferecido nos setores estudados, baseado em área por passageiro ( $m^2/pax$ ). Como o dimensionamento preliminar é feito com nível de serviço C (Medeiros, 2004), é possível comparar o nível de serviço observado na simulação da infraestrutura com o previsto pelo método tradicional de dimensionamento. Resultados possíveis deste trabalho são:

- Concluir que o nível de serviço encontrado na simulação é maior que o nível de serviço do dimensionamento pelo método Medeiros (2004). Neste caso o investimento real em infraestrutura deveria ser menor para oferecer o mesmo nível de serviço, e observa-se uma boa oportunidade de negócio o investimento em licitação que é baseada em métodos tradicionais de dimensionamento;
- Concluir que o nível de serviço encontrado na simulação é igual ao esperado pelo método Medeiros (2004). Caso que reforça o método de dimensionamento tradicional;
- Concluir que o nível de serviço encontrado na simulação é menor que o esperado. Este caso indica que o nível de investimento para garantir o mesmo nível de serviço deve ser maior, portanto dá sinais de que o investimento em licitações de terminais de passageiros baseada em métodos de dimensionamento tradicionais pode ser um mal negócio, uma vez que o investimento real seria maior que o previsto para oferecer o mesmo nível de serviço.

É importante salientar que, como muitos dos dados de entrada que alimentaram o modelo foram arbitrados, as conclusões obtidas nesta demonstração de como funciona o modelo não podem ser considerados resultados válidos. É importante ter precaução de alimentar o modelo com informações estatisticamente válidas para produzir resultados científicos.

## 2.1 Dimensionamento Preliminar

Primeiramente, na proposta do terceiro aeroporto da RMSP (Região Metropolitana de São Paulo), foi feito o dimensionamento preliminar para as áreas de vistoria de passaportes e de restituição de bagagens. Estes dimensionamentos serviram de base para a verificação de nível de serviço através de simulação computacional no *software* Arena.

O dimensionamento dos componentes do TPS foi feito através dos índices de dimensionamento apresentados na Tabela 1 e na Tabela 2, baseados nos índices de serviço indicados (Medeiros, 2004). O nível de serviço escolhido foi C – Regular. A correspondência para o nível de serviço IATA é o nível de serviço D.

A referência de movimento de aeronaves utilizada neste dimensionamento preliminar foi o HOTRAN de 8 de abril de 2010 do aeroporto de Guarulhos, em que 64% dos voos de chegada são domésticos e 36% são internacionais. Este foi o HOTRAN utilizado no estudo de Carlos, Condé e Schiller (2010).

Foi adotado que o novo aeroporto RMSP será de porte internacional e terá dimensionamento com nível de serviço C. Uma das grandes dificuldades é fazer previsões de demanda para o futuro, especialmente futuro muito distante. Segundo estudo da ANAC (2007) o número de passageiros na hora pico em 2025 no Aeroporto de São Paulo/Guarulhos será 12.227. No entanto este estudo já pode ser considerado ultrapassado. Foi constatado que entre julho de 2010 e julho de 2011 houve um acréscimo de 30% no número total de passageiros, havendo aeroportos com acréscimo de até 50%. Levando em conta a dificuldade de se fazer um estudo de demanda assertivo, foi utilizado neste estudo o movimento utilizado no projeto do novo aeroporto da RMSP (Carlos, Condé e Schiller, 2010), de 23800 passageiros no TPS na hora-pico. Admite-se que 2/3 dos passageiros da hora-pico estão no desembarque (Medeiros, 2004).

Dadas estas premissas, foi calculada a quantidade de passageiros no desembarque internacional, conforme Equação (1) e as áreas de vistoria de passaporte de desembarque, de restituição de bagagens doméstica e restituição de bagagens internacional, conforme as Equações (2) e (3). Os resultados estão resumidos na Tabela 4.

$$N_{di} = 36\% \cdot (2/3) \cdot 23800 = 5712 \quad (1)$$

Em que:

$N_{di}$  = Número de passageiros de desembarque internacional;

36% = Proporção de passageiros de voos internacionais;

(2/3) = Parcela considerada dos passageiros no desembarque na hora-pico.

$$A_{vp} = N_{di} \cdot 0,80 = 4570 \text{ m}^2 \quad (2)$$

Em que:

$A_{vp}$  = Área de verificação de passaportes;

0,80 = Índice de dimensionamento no nível de serviço C.

$$A_{ri} = N_{di} \cdot 1,30 = 7426 \text{ m}^2 \quad (3)$$

Em que:

$A_{ri}$  = Área de restituição de bagagens internacional;

1,30 = Índice de dimensionamento no nível de serviço C.

**Tabela 4: Áreas de vistoria de passaportes e de restituição de bagagens**

Componente	Área (m <sup>2</sup> )
Vistoria de passaportes	4 570
Restituição de bagagens internacional	7 426

### 2.1.1 Vistoria de Passaportes

O setor de vistoria de passaporte deve levar em conta os tipos de passageiros internacionais. Passageiros oriundos do país de destino (brasileiros, desembarcando no Brasil, vindos de outros países) levam menos tempo para passar pela vistoria, uma vez que precisam apenas comprovar a nacionalidade, mostrando o passaporte nacional. Passageiros oriundos de outros países passam mais tempo respondendo algumas perguntas do agente de imigração. Na simulação foi considerado que os passageiros brasileiros e estrangeiros são atendidos

separadamente, a fim de melhorar a eficiência na vistoria de passaportes, assim como é observado em muitos aeroportos. A separação no aeroporto pode ser feita por meio de corredores de cordas (tendo seu tamanho adaptável às necessidades) com placas para orientar os passageiros. O cálculo preliminar de quantidade de balcões de inspeção não separa os passageiros por nacionalidade (original do país destino ou não), mas serve como parâmetro para início do trabalho de simulação. Foi admitido que a área e capacidade de processamento dos balcões de vistoria de passaporte são as mostradas na Tabela 5 (Medeiros, 2004). Na etapa de simulação foram testadas distribuições de agentes para atender brasileiros e estrangeiros, de modo a balancear a utilização dos agentes e do tempo de espera para atendimento.

**Tabela 5: Balcões de vistoria de passaporte, funcionários e capacidade de processamento.**

Nº de agentes (un.)	Área (m <sup>2</sup> )	Atendimento (s/pax)	(pax/h)
2	8,00 – 14,70	30	240
4	15,00 – 27,30	30	480

**Fonte: Medeiros, 2004.**

A quantidade de balcões de vistoria de passaporte necessários é calculada dividindo a quantidade de passageiros no desembarque internacional na hora-pico pela capacidade de processamento dos balcões, conforme mostrado na Equação (4).

$$N_{bvp} = N_{di} \div 480 = 11,9 \quad (4)$$

Em que:

$N_{bvp}$  = Número de balcões de vistoria de passaporte com 4 agentes;

A quantidade de balcões necessários depende do tipo de balcão. Dado que o balcão maior, que utiliza 4 (quatro) agentes, é mais eficiente em termos de área ocupada que o balcão menor, de 2 (dois) agentes, o balcão maior foi utilizado ao máximo. Portanto a melhor configuração de vistoria de passaportes é de 12 (doze) balcões com quatro agentes, totalizando área de 180 m<sup>2</sup> e utilizando 48 agentes na sua configuração de capacidade máxima de atendimento.

Com base neste dimensionamento, foram avaliadas, através do *software* Arena, o tamanho de fila, o tempo de espera do passageiro brasileiro e do estrangeiro na fila e a taxa de  $m^2$ /passageiro a fim de verificar o nível de serviço do setor.

### **2.1.2 Restituição de Bagagens**

Conforme a Tabela 3, a área de restituição de bagagem para o movimento na hora pico adotado no projeto é de cerca de sete mil e quinhentos metros quadrados para restituição de bagagens de voos internacionais. Deve ser levado em consideração que os passageiros não chegam todos ao mesmo tempo na SRB. Especialmente na restituição internacional o controle de passaporte, etapa prévia à restituição de bagagens, é um gargalo para que os passageiros cheguem à SRB. Deste modo espera-se que a etapa de restituição seja mais ordenada. Esteiras longas permitem que mais bagagens circulem na sala, contribuindo para que a retirada de bagagens pelos passageiros seja feita de modo ordenado. Há estudos mais aprofundados envolvendo simulação do funcionamento de uma esteira para atender grande quantidade de passageiros. No entanto este estudo apenas levou em consideração o dimensionamento da sala como um todo, tendo em vista a dificuldade de modelar detalhadamente o procedimento de restituição de bagagens inserido em pleno funcionamento do aeroporto. O nível de serviço exigido das novas concessões pela ANAC levará em conta o índice  $m^2$ /pax na SRB, e não em cada esteira.

## **2.2 Modelagem**

### **2.2.1 Ferramenta Utilizada**

O *software* Arena foi utilizado para o desenvolvimento do modelo e demais análises de cenários. A escolha do *software* Arena se deve ao fato de este ser consolidado, confiável, de amplo uso e de estar disponível na Divisão de Engenharia Civil.

### **2.2.2 Dados**

As observações de sítio não foram feitas, mas foram utilizados dados coletados anteriormente por outros pesquisadores. Os dados observados são os parâmetros de atendimento do modelo, e estão divididos em tempo de atendimento dos passageiros na Sala de Vistoria de

Passaportes e tempos de espera por bagagem, gentilmente fornecidos por Giovanna Miceli Ronzani. Os dados foram coletados no desembarque internacional do SBGL - Aeroporto Internacional Tom Jobim (SBGL). Os tempos de atendimento de passageiros na vistoria de passaporte foram medidos apenas para estrangeiros. O tempo de espera por bagagem engloba passageiros que esperam por qualquer quantidade de bagagens em um único grupo. Espera-se que passageiros que despacharam mais de uma bagagem devem esperar mais tempo na Sala de Restituição de Bagagens, no entanto, tendo em vista a natureza como os dados foram coletados, apenas foi possível inserir um dado proveniente de observação no SBGL. Foi considerada uma única distribuição de tempo para representar o tempo de espera dos passageiros pela bagagem.

Os dados adquiridos foram analisados para verificar qual é a melhor distribuição que os representaria no modelo. O próprio *software* Arena possui um aplicativo chamado *Input Analyzer* que serve para identificar a curva com melhor ajuste para os dados de entrada. Alternativa adotada para identificar a melhor distribuição foi o ajuste de curvas em gráficos no MS Excel. Os tempos de espera na fila e de atendimento dos estrangeiros na vistoria de passaporte são mostrados no Apêndice B – Dados coletados no SBGL.

Os gráficos da Figura 1, Figura 2 e Figura 3 representam respectivamente a distribuição de tempos de atendimento de estrangeiros na vistoria de passaporte em segundos, o ajuste de uma reta a 85% dos tempos coletados, com  $r^2 = 0,98$  e o ajuste de uma exponencial à distribuição de tempos completa, com  $r^2 = 0,93$ . Apesar de ter um bom ajuste, para o dimensionamento da quantidade de agentes fixada, não foi possível validar o tempo de espera dos passageiros, que se revelou bem acima dos tempos medidos e mostrados no Apêndice B – Dados coletados no SBGL. O ajuste linear não possui um  $r^2$  suficientemente alto se considerada a amostra inteira ( $r^2 = 0,53$ ). No entanto, o uso da distribuição linear resultou em tempos de espera próximos aos observados no SBGL.



Figura 1 - Distribuição de tempo de atendimento na vistoria de passaportes.

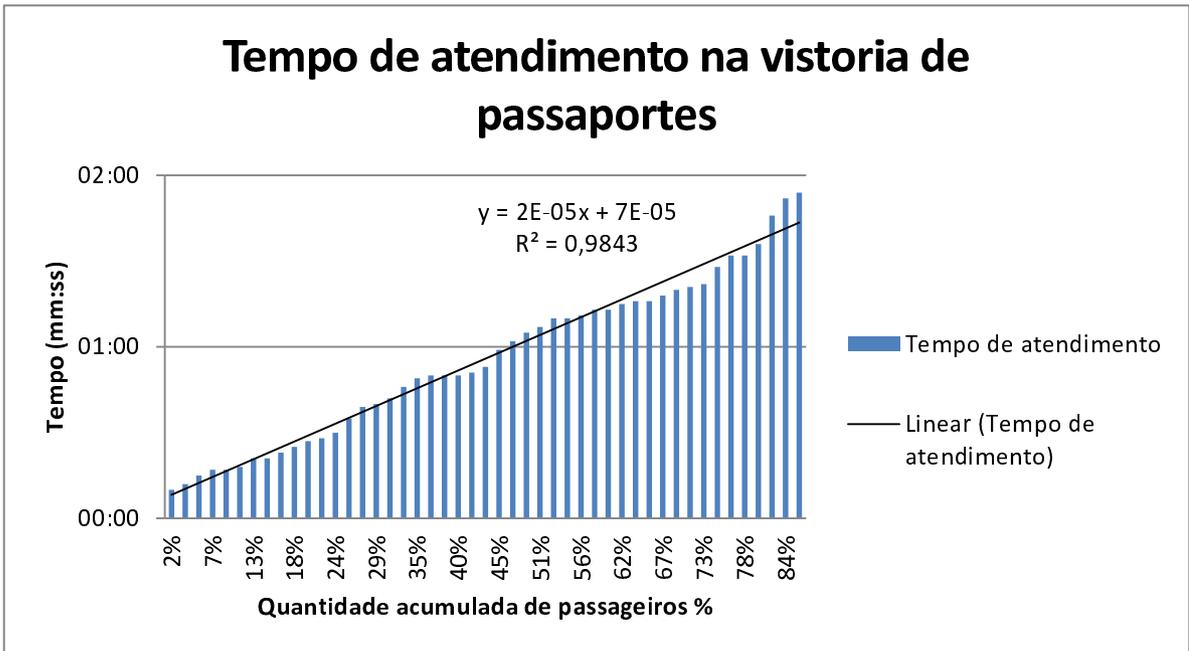
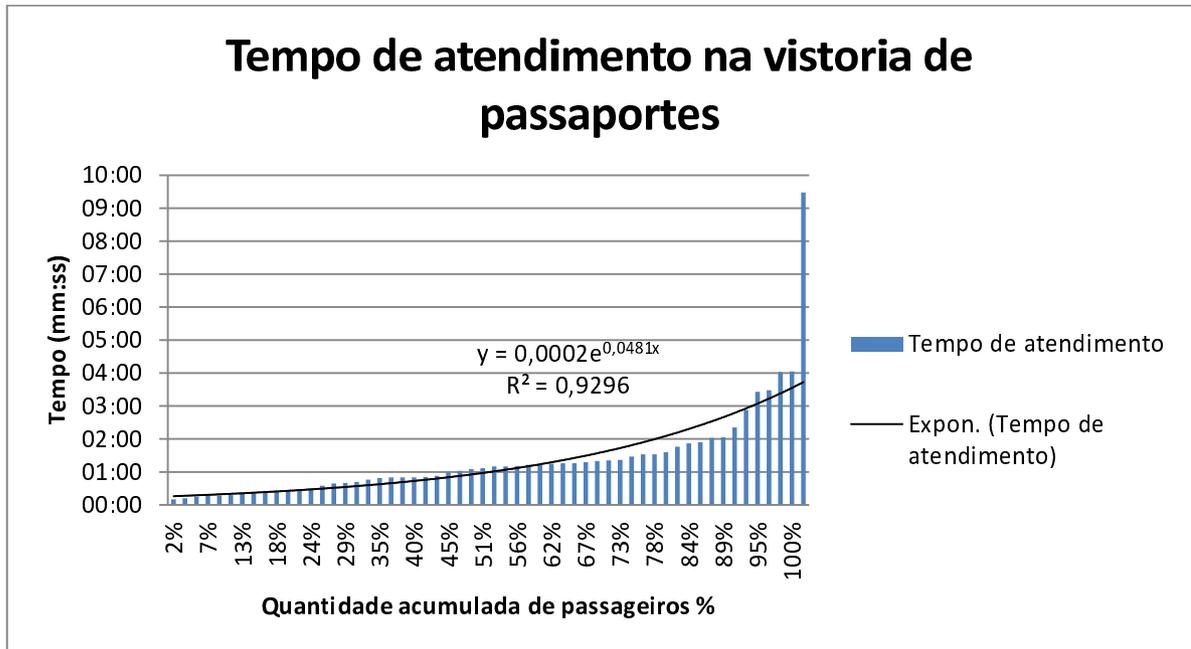


Figura 2 - Ajuste linear à distribuição de atendimento de 85% dos passageiros tem  $r^2 = 0,98$ .



**Figura 3 - O ajuste de uma curva exponencial à distribuição tem  $r^2 = 0,93$ .**

Foi arbitrado o tempo de atendimento de estrangeiros: uma distribuição uniforme entre 5 e 115 segundos, que possui média de tempo de 60 segundos. O tempo de atendimento de brasileiros foi arbitrado para impor que o tempo médio de atendimento dos passageiros, sendo estrangeiros ou brasileiros fosse de 30 segundos, que é a premissa de dimensionamento pelo método Medeiros (2004). A proporção de passageiros e estrangeiros adotada foi 60% de passageiros brasileiros e 40% de estrangeiros (Eller, Feitosa e Porto, 2011). É importante salientar que estes valores serão diferentes durante a Copa do Mundo do Brasil em 2014 e as Olimpíadas de 2016, em que a maior porcentagem será de passageiros estrangeiros. Estes mesmos autores adotaram tempo de atendimento de 6 segundos para brasileiros e 30 segundos para estrangeiros em seu estudo sobre restituição de bagagem. Forçando que o tempo médio de atendimento seja de 30 segundos, e considerando que o tempo médio de atendimento de estrangeiros é de 60 segundos, fixada a proporção de brasileiros e estrangeiros, o tempo médio para atendimento de brasileiros deve ser de 10 segundos. O cálculo é feito conforme a Equação (5). O tempo de atendimento de brasileiros arbitrado foi uma distribuição exponencial de média 10 s.

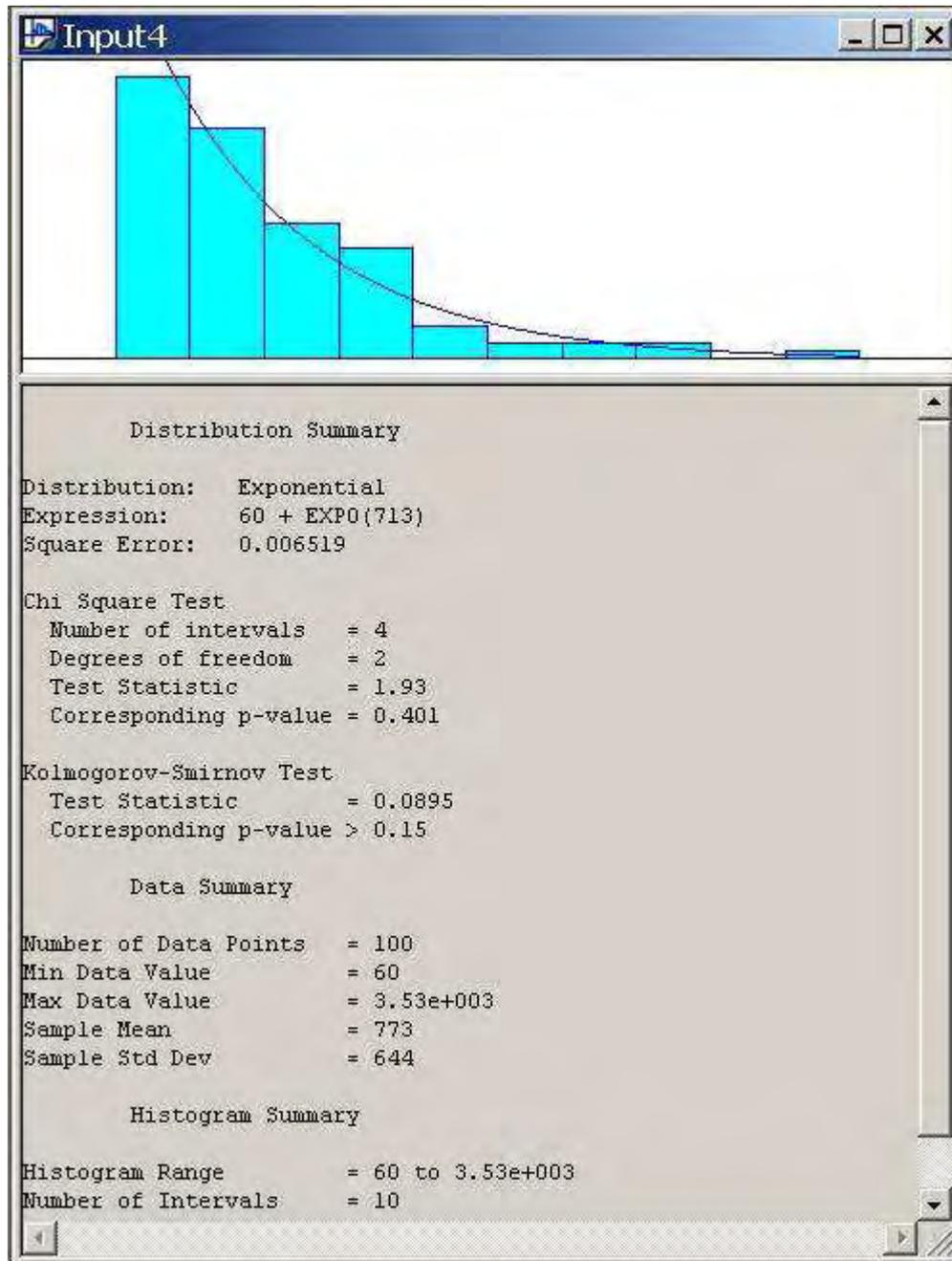
$$\text{Tempo médio} = 30 \text{ s} = 0,6 \times t_{m,\text{brasileiro}} + 0,4 \times t_{m,\text{estrangeiro}} \quad (5)$$

Em que:

$t_{m,brasileiro}$  = Tempo médio de atendimento a brasileiros;

$t_{m,estrangeiro}$  = Tempo médio de atendimento a estrangeiros.

O outro dado coletado em campo serviu para orientar o tempo de espera de passageiros na SRB. Os tempos coletados são mostrados no Apêndice B – Dados coletados no SBGL. Para fazer o melhor ajuste a esta distribuição, foi utilizado o *Input Analyzer* do Arena. Os tempos foram transformados de mm:ss para números inteiros em segundos. O aplicativo *Input Analyzer* testa vários ajustes e escolhe o que possui o menor erro quadrado. O resultado da análise para estes dados de entrada é mostrado na Figura 4. A distribuição escolhida para o tempo de espera foi a sugerida pelo programa: 60 s + distribuição exponencial com média 713 s. Apesar do *p-value* mais adequado ser de 0,05 e de o valor 0,15 não estar muito adequado, esta distribuição foi considerada neste estudo.



**Figura 4 - Melhor ajuste para tempo de espera de bagagem.**

A construção do modelo também leva em conta a agenda de chegada de aeronaves e suas capacidades de passageiros, baseada no HOTRAN do aeroporto de Guarulhos válido para o dia 01 de julho de 2011, uma sexta-feira de um mês com movimento tipicamente mais elevado que a média anual. O *load fator* arbitrado para as aeronaves neste dimensionamento foi de 90% ao longo de todo o dia. De todos os voos autorizados vigentes na data escolhida, foram separados

somente os voos que tiveram como destino o aeroporto SBGR. Eles foram classificados em 5 (cinco) faixas de quantidade de assentos, conforme mostrado na Tabela 6. O HOTRAN foi, então, dividido em cinco agendas de chegada de aeronaves, cada uma representando a agenda de chegada de aeronaves de um dos tipos designados, e com quantidade de passageiros arbitrada em conforme Tabela 7. A capacidade de passageiros das aeronaves é discriminada no HOTRAN.

A Tabela 6 mostra as médias de capacidade de aeronaves em cada uma das faixas em que elas foram classificadas. Aeronaves até 99 passageiros foram classificadas como faixa 1; entre 100 e 199 passageiros, como faixa 2; entre 200 e 269 passageiros, faixa 3; 270 a 450 passageiros, faixa 4 e aeronaves com capacidade acima de 450 passageiros foram classificadas como faixa 5, que é o caso da aeronave A380. Foi considerada a configuração do A380 para 555 passageiros, que é a configuração que compreende classe econômica, classe executiva e primeira classe. O HOTRAN completo de chegada de aeronaves no aeroporto SBGR está disponível no Apêndice A – HOTRAN de voos com chegada em SBGR.

**Tabela 6 - Faixas de aeronaves em função da média aritmética da capacidade de passageiros.**

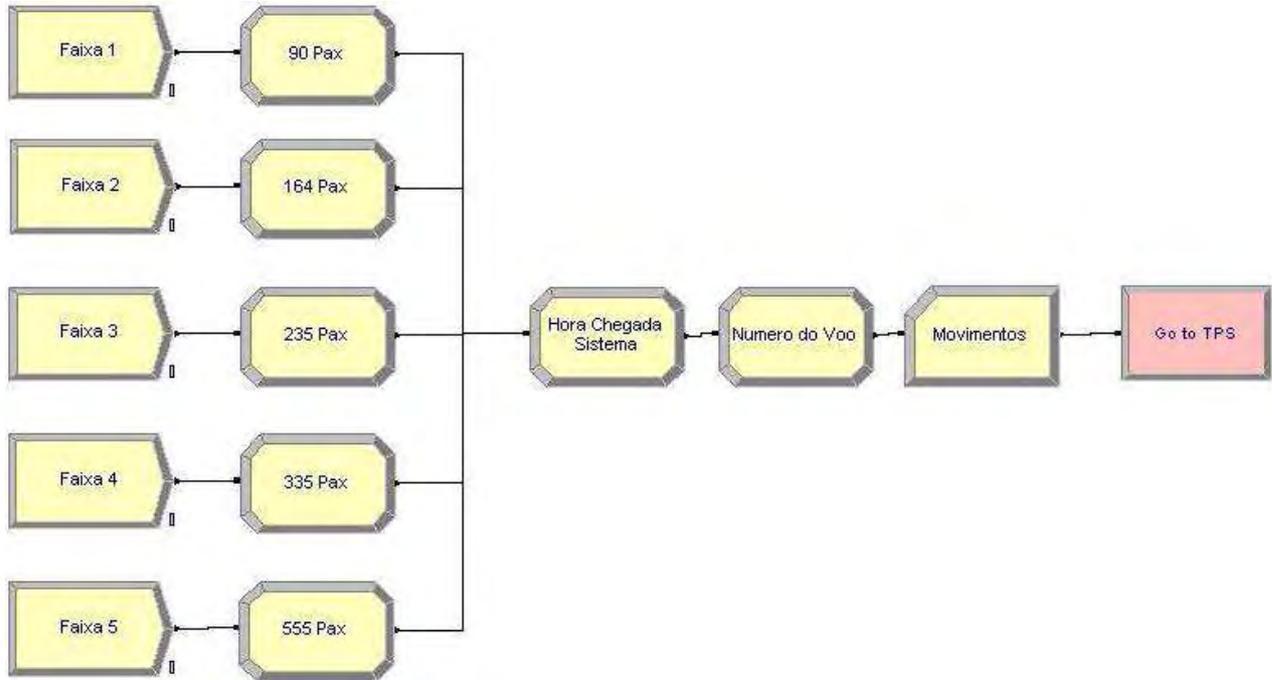
Classificação	Capacidade passageiros	Exemplos de Aeronaves Presentes
Faixa 1	90	CRJ9
Faixa 2	164	A319, A320, B737-800
Faixa 3	235	A330, A340, B767-300, B777-200
Faixa 4	335	A340-600, B747-400, B777-300
Faixa 5	555	A380

## 2.3 Modelo

Foram avaliados tempos de espera nas filas de cada componente e o tempo total gasto pelo passageiro nessas três etapas. Foi possível verificar se o nível de serviço oferecido pela infraestrutura pré-dimensionada está de acordo com o previsto no seu dimensionamento. Além disso, é possível dimensionar áreas do terminal para atender o nível de serviço recomendado por órgãos internacionais, inclusive considerando a operação do A380 na hora-pico. As principais etapas do modelo são a chegada de aeronaves, o desembarque, a alocação de voo a uma das esteiras na restituição de bagagem, a vistoria de passaportes e a restituição de bagagens.

### 2.3.1 Chegada de Aeronaves

A chegada de aeronaves é o que determina a chegada de passageiros. O modelo utiliza a agenda do HOTRAN dos voos autorizados no dia 01 de julho de 2011, sexta-feira. A entrada de aeronaves foi dividida em faixas de passageiros para simplificar a construção da agenda, conforme explicado no Item 2.2.2 Dados. A Figura 5 mostra o modelo como foi construído. Há cinco entradas de aeronaves, uma para cada faixa de tamanho. Assim que chega, o módulo **Assign** associa à entidade Avião um atributo “NPax” com a quantidade de passageiros daquela faixa de aeronaves, conforme citado na Tabela 6 - Faixas de aeronaves em função da capacidade de passageiros. A quantidade de passageiros inserida no modelo, no entanto, foi cerca de 90% da capacidade máxima, conforme informa a Tabela 7.



**Figura 5 - Chegada de aeronaves.**

O módulo **Assign** “Hora Chegada Sistema” tem um atributo que recebe a hora de chegada da entidade Avião ao sistema. Também há um contador que é incrementado a cada aeronave que entra. Este contador é o valor que recebe o atributo “Voo” no módulo **Assign** “Numero do Voo”. A quantidade de movimentos é registrada no módulo **Record** “Movimentos” e aparecerá no relatório de saída. As entidades que passam por esta etapa entram no módulo **Route** “Go to TPS” e são destinadas à próxima etapa.

**Tabela 7 - Quantidade de passageiros que entra no sistema, por faixa de capacidade das aeronaves.**

Classificação	NPax
Faixa 1	70
Faixa 2	140
Faixa 3	200

Faixa 4	300
Faixa 5	500

O preenchimento da agenda de aeronaves, para cada faixa de capacidade, obedeceu aos horários do HOTRAN vigente na data escolhida. Devido a uma limitação do Arena na definição da agenda de chegada, em que somente é possível definir taxas de chegada de entidades por hora, foi usado um fator de escala 59, suficientemente grande para que a taxa de chegada de 59 aeronaves por hora definida em cada minuto em que deve chegar uma aeronave seja suficiente para que chegue uma aeronave, mas preferencialmente não cheguem duas. Por precaução de escolher fator de escala 60 e correr o risco de ter duas aeronaves chegando no horário em que deveria chegar uma, foi utilizado fator de escala 59. Como a quantidade de passageiros na hora-pico para o pré-dimensionamento havia sido da ordem de seis mil passageiros no desembarque internacional, e a quantidade de passageiros chegando com o HOTRAN atual de SBGR é cerca de três mil passageiros na hora-pico, entre 5:00 e 6:00, para simular uma agenda com o dobro da quantidade de passageiros, foi utilizado no modelo, nos módulos de chegada de aeronaves, a informação de que chegariam duas entidades por chegada, ou seja, o movimento produzido seria o dobro do movimento agendado. Este foi um recurso utilizado para gerar o dobro da quantidade de passageiros observados na hora pico com o HOTRAN atual, embora muito provavelmente o HOTRAN na data de projeto terá uma distribuição de chegada de voos diferente, que é difícil prever com tanto tempo de antecedência.

Foi analisado o HOTRAN vigente para determinar qual seria a hora pico. Cada aeronave tem um horário de chegada pré-determinado. Foi verificada para 24 intervalos de 1 hora ao longo do dia a quantidade de passageiros que poderia desembarcar no aeroporto. A hora do dia com maior movimento de passageiros 2756, e também de aeronaves: 13 é de 5:00 a 6:00. Por isso neste horário foi inserida a operação de mais duas aeronaves A380.

A Figura 6 mostra a tela de preenchimento de agenda de chegada de aeronaves da classificação faixa 3.

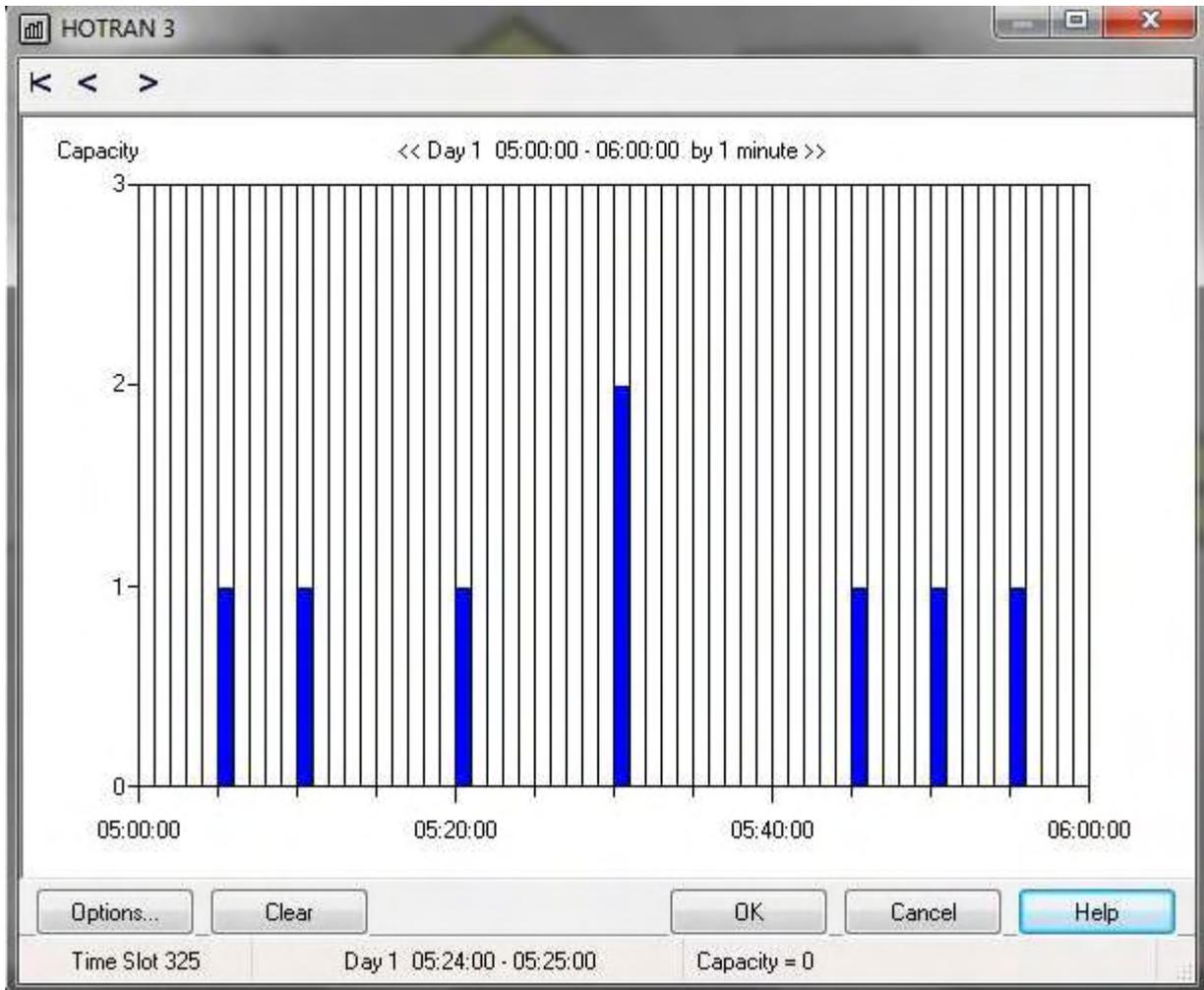


Figura 6 - Agenda de chegada de aeronaves da faixa 3 na hora pico: entre 5:00 e 6:00.

### 2.3.2 Atribuição de posições de desembarque

O *gate assignment* é feito de maneira simplificada, em que um recurso *gate* é solicitado pela entidade aeronave se há *gates* sobrando. Se não há *gates* sobrando, a aeronave é mandada para uma posição remota. Estudar *gate assignment* não é o foco deste estudo, por isso essa abordagem foi feita de forma bem simplificada, sem distribuir voos mais ou menos importantes para posições remotas ou portões de desembarque.

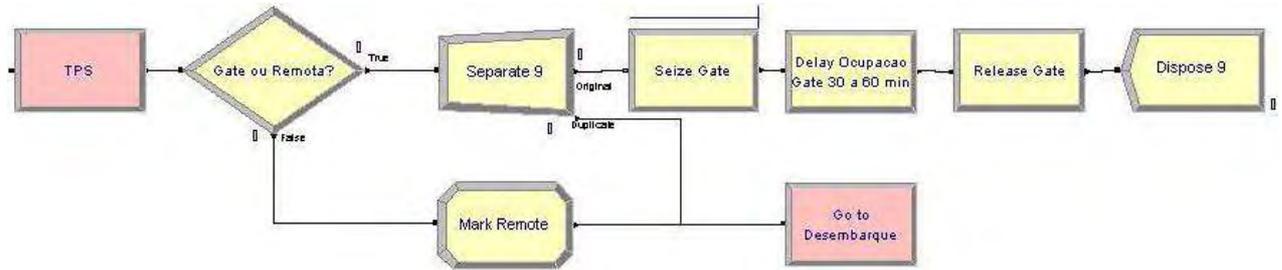


Figura 7 - Modelagem da designação de aeronaves que chegam para portões de embarque ou posição remota.

A modelagem desta etapa começa com um módulo **Station** que é o destino do módulo final **Route** da etapa Chegada de Aeronaves. O módulo **Decide** verifica se há posições de parada nas pontes de embarque. Se não houver *gate* disponível, a entidade recebe um atributo “Remote = 1”, que servirá para adicionar tempos de deslocamento de passageiros ou de bagagens nas etapas posteriores. Se houver, um *Resource* “*gate*” é solicitado e ocupado por determinado tempo no módulo **Delay** “Delay Ocupacao Gate 30 a 60 min”. O tempo adotado neste modelo foi de 60 minutos, inclusive para as aeronaves maiores. A premissa é de que em voos internacionais as aeronaves não realizam etapa de desembarque e embarque imediatamente, mas vão para o pátio aguardar o horário de partida de volta, geralmente no fim do dia (se a chegada foi pela manhã), ou no dia seguinte (se a chegada foi à noite). É possível que esta premissa seja falsa para embarques domésticos, mas estes geralmente são feitos em outro *gate*.

Para mobilizar o portão de embarque e ao mesmo tempo a entidade seguir no modelo, um módulo **Separate** duplica a entidade. Quando uma entidade passa por este módulo, todas as cópias (neste caso é uma cópia) mantêm os mesmos atributos da entidade original. A entidade original segue o caminho para o módulo **Seize** “Seize Gate” e a sua cópia segue para o módulo “Go go Desembarque”. Isso permite que a operação de mobilizar e ocupar um portão de embarque por determinado tempo possa ser feita simultaneamente ao desembarque de passageiros. Passado o tempo de ocupação, o *Resource* “*gate*” é desmobilizado e essa cópia da entidade Aviao é descartada do sistema. A cópia da entidade original que foi designada para um portão de embarque/desembarque ou a própria entidade original que foi designada para posição remota seguem para o módulo **Route** com destino ao desembarque.

### 2.3.3 Desembarque

O desembarque é uma extensão anterior à chegada dos passageiros, mas deve ser considerado, ainda que de maneira simples, pois dependendo de onde os passageiros forem desembarcados, demora mais ou menos tempo para chegarem à sala de restituição de bagagens, enquanto as bagagens podem ter seu tempo de traslado controlado pelo aeroporto de modo a chegarem ao sistema de restituição de bagagem junto com os passageiros. Então o passageiro é retido um determinado tempo de espera, baseado em observação no desembarque internacional do SBGL, e vai embora, deixando o sistema.

Para criar os passageiros, foi usado o módulo **Separate** “Cria Pax” com a função de criar “NPax” cópias da entidade original. A entidade original “Aviao” segue diretamente para restituição de bagagens para fazer a seleção de esteira. As cópias passam pelo módulo **Assign** “Surgem Pessoas”, que transforma a entidade “Aviao” na entidade “Pax” através do comando *Entity Type*. Uma proporção arbitrária define a quantidade de malas de cada passageiro e principalmente se ele possui bagagem despachada ou não. Se o passageiro não possuir bagagem, ele não precisa esperar tempo na SRB e pode seguir diretamente para a próxima etapa, o que significa saída do modelo, neste estudo. Através do módulo **Route**, os passageiros são direcionados para a vistoria de passaporte. O esquema das etapas descritas até aqui pode ser visto na Figura 8. Passageiros “Remote” esperam tempo adicional antes de seguir.

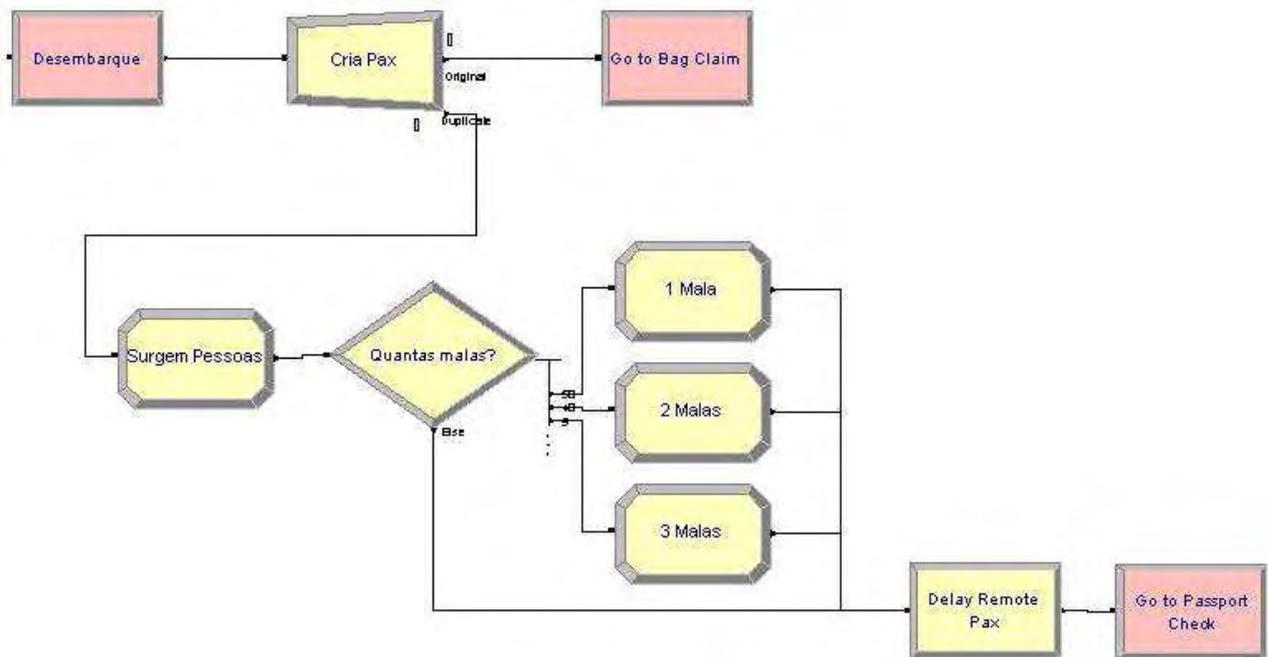
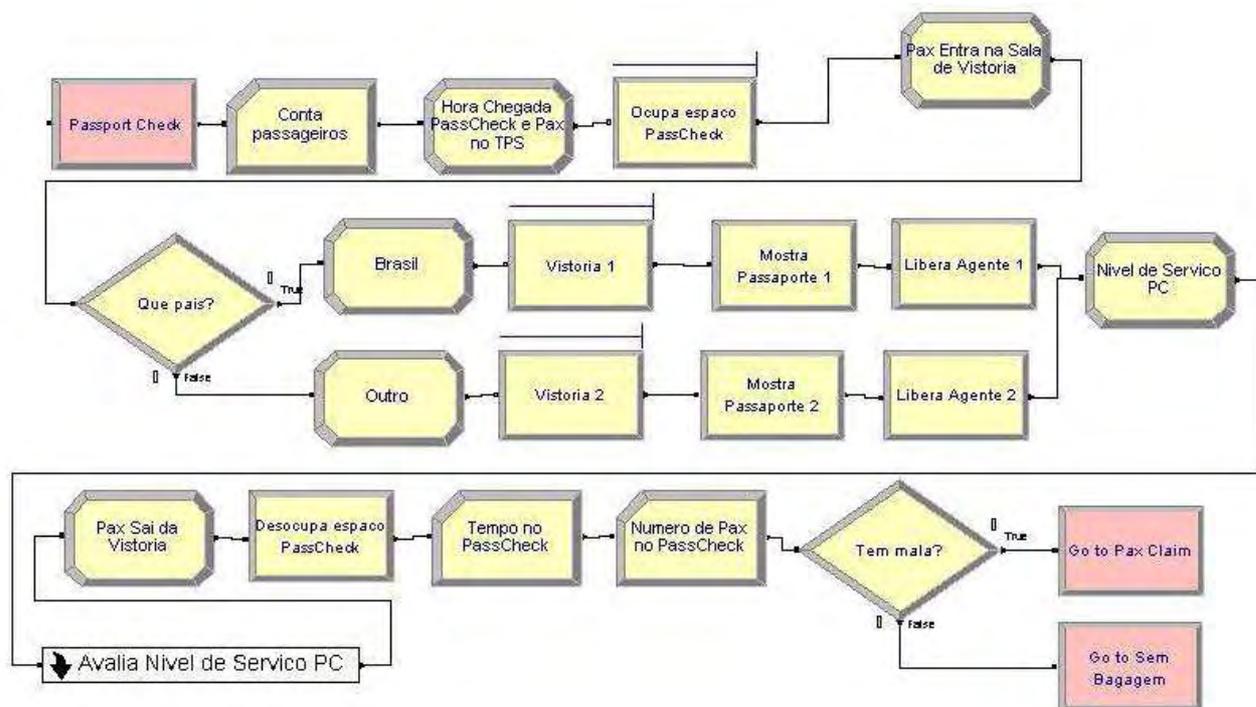


Figura 8 - Passageiros entram no sistema.

### 2.3.4 Sala de Verificação de Passaportes

A Figura 9 representa a chegada dos passageiros à Sala de Verificação de Passaportes (que é feita pelo módulo **Station** “Passport Check” a que se destinou o **Route** indicado no Desembarque. Nesta etapa do modelo, há um módulo **Record** que registra a quantidade de passageiros que desembarcou. Em seguida, um módulo **Assign** coloca mais um atributo na entidade passageiro: “Hora Chegada PassCheck” e incrementa em 1 a variável “Pax no TPS”. Esta variável registra a quantidade de passageiros no interior do TPS ao longo da simulação. Em seguida o módulo **Seize** “Ocupa espaço PassCheck” mobiliza um recurso chamado “Espaço PassCheck”. O **Assign** “Pax Entra na Sala de Vistoria” incrementa a variável “Pax em PC”, que significa a quantidade de passageiros presentes na seção de Vistoria de Passaportes (ou *Passport Check*).



**Figura 9 - Vistoria de Passaportes.**

A próxima etapa é a atribuição de nacionalidade para o passageiro que desembarca. Ela é feita conforme o valor adotado de 40% de chance de ser estrangeiro e 60% de chance de ser brasileiro no módulo **Decide**. Os módulos **Assign** “Brasil” e “Outro” editam a entidade Pax para Brasileiro e Estrangeiro, respectivamente. Além disso, o módulo “Brasil” coloca o atributo Nacionalidade = 1 para o “brasileiro”.

Assim como é usual no desembarque internacional em muitos aeroportos brasileiros, os passageiros que chegam à sala de vistoria de passaportes são divididos em dois grandes grupos: os brasileiros e os estrangeiros. Os brasileiros seguem para uma seção menor, que mobiliza menos agentes de imigração, para uma verificação bem rápida de passaporte, uma vez que os brasileiros têm livre acesso ao país. Os estrangeiros passam por uma verificação mais rigorosa, e levam mais tempo. Geralmente há mais agentes alocados para atender os estrangeiros. A quantidade de agentes alocados para atender brasileiros e a quantidade alocada para atender estrangeiros foi obtida via uma série de repetições da simulação do modelo pronto, de modo a manter um equilíbrio no tempo de espera de passageiros de qualquer nacionalidade, e também manter a mesma taxa de utilização ao longo do dia do agente que atende brasileiros e do agente que atende estrangeiros. Da quantidade de agentes dimensionada previamente pelo método Medeiros (2004),

foram alocados 10 agentes para atender brasileiros e 38 agentes para atender estrangeiros. O passageiro passa por um módulo **Delay** com a distribuição de tempo calculada para brasileiros ou estrangeiros, conforme a nacionalidade, e liberam seus respectivos recursos utilizados. A mobilização dos recursos se deu nos módulos **Seize** “Vistoria 1” e “Vistoria 2”.

Uma vez liberado o agente que o atendeu, faz-se a verificação do nível de serviço oferecido nesta etapa. O **Assign** “Nível de Serviço do PC” coloca um atributo no passageiro com a Equação (6):

$$Nivel\ de\ serviço\ PC = \frac{AreaPassCheck}{Quantidade\ de\ passageiros\ nas\ filas} \quad (6)$$

Em que:

*AreaPassCheck* = Área da Sala de verificação de passaportes, sem contar com o espaço ocupado pelos balcões de atendimento;

*Nivel de serviço PC* = Taxa de ocupação em m<sup>2</sup>/pax que indica qualidade do atendimento.

O Submodelo nomeado “Avalia Nível de Serviço PC” é representado pela Figura 10. Ele consiste de um módulo **Decide** com *N-conditional*, que verifica se o último passageiro atendido observou nível de serviço Alto, Bom ou Regular, ou ainda abaixo disso, que foi chamado de colapso, conforme as regras de nível de serviço para aeroporto internacional mostradas na Tabela 1 no Item 2.1 Dimensionamento Preliminar. O módulo **Assign** tem um contador para cada nível de serviço observado, e o módulo **Record** guarda os resultados dessa pesquisa de opinião no relatório de resultados. O módulo **Assign** “Pax sai da Vistoria” decrece em uma unidade o valor do número de passageiros “Pax em PC”. “Desocupa espaço no PassCheck” é um **Release** que libera o recurso “Espaco no PassCheck” alocado no **Seize**. A utilização máxima deste recurso no relatório de resultados permite saber se a sala formará filas fora dela em caso de colapso. Os módulos **Record** a seguir registram o tempo gasto pelo passageiro nesta etapa e a quantidade de passageiros, que serve para um dimensionamento de qual área seria necessária para atender determinado nível de serviço, uma vez que ele conta qual é a quantidade máxima de passageiros utilizando o PassCheck simultaneamente. Terminando esta etapa, o passageiro é direcionado à

sala de restituição de bagagens se o seu atributo “Malas” for maior que zero. Caso o passageiro não tenha bagagem, ele segue direto para a saída do sistema.

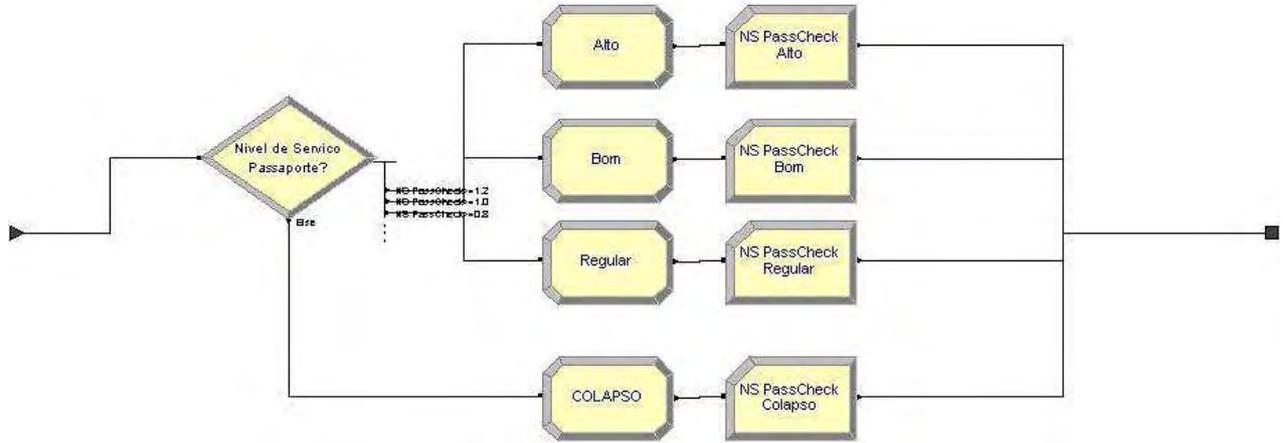


Figura 10 – Avaliação do nível de serviço da sala de vistoria de passaporte.

### 2.3.5 Alocação de voos para esteiras

A Figura 11 mostra o que é feito com a entidade “Aviao” depois que ela deixa a etapa de desembarque. Ela é direcionada para a etapa de alocação de esteira para o voo, que é feita dentro do submodelo “Voo é designado para esteira”, conforme mostra a Figura 12. Não foi considerado o tamanho das esteiras na modelagem.

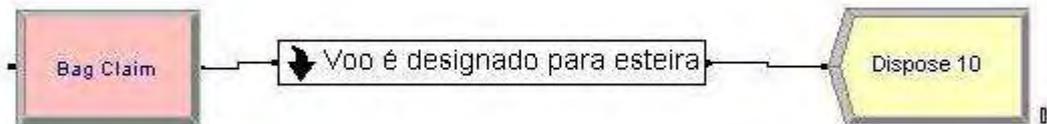
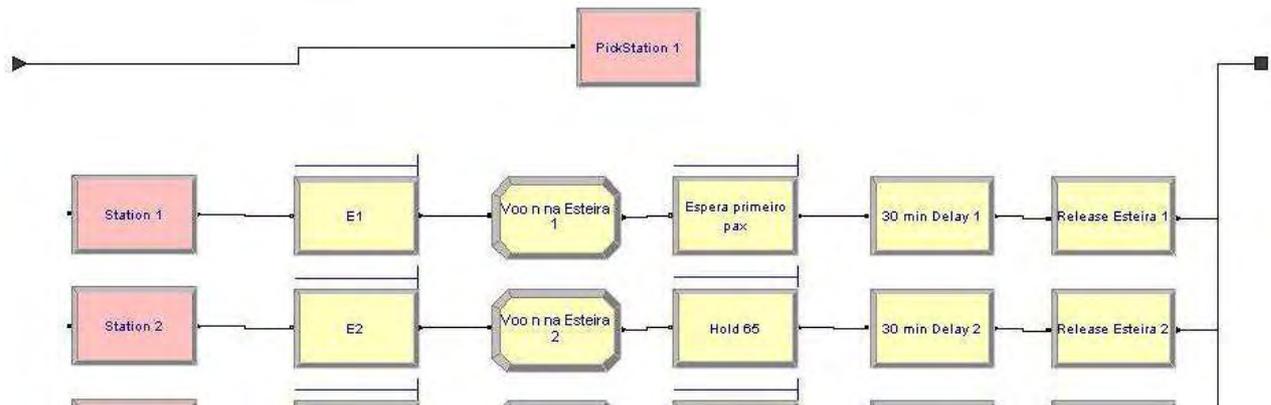


Figura 11 - Alocação dos voos nas esteiras.



**Figura 12 - Detalhe de como é tratado o "Avião" na escolha de esteira.**

A escolha da esteira se dá segundo três critérios de busca pelo mínimo valor: quantidade de recursos utilizados no módulo **Seize** (se a esteira está sendo utilizada ou não) e o tamanho da sua fila, se houver aeronaves já na fila esperando para usar tal esteira e a quantidade de entidades esperando na fila do módulo **Hold**, que na primeira entidade apenas recebe o nome “Espera primeiro pax”.

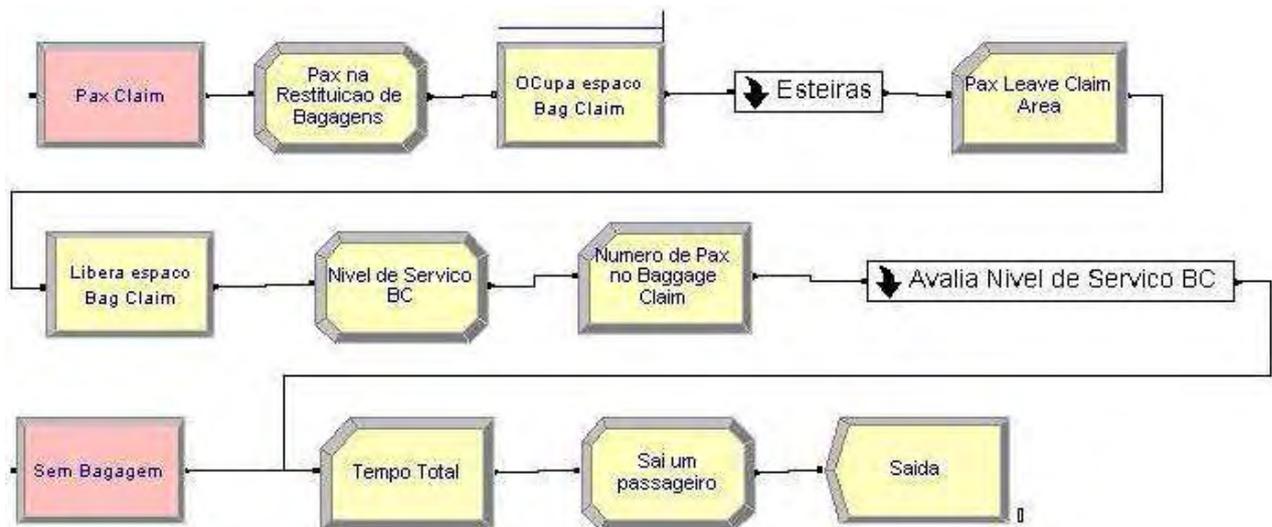
O módulo que faz essa escolha com critérios é o **Pick Station**. Ali é possível definir a quantidade de recursos utilizados e o tamanho da fila apontando a fila “E1.Queue”, e o tamanho da fila no **Hold** através da expressão “NQ(Hold #.Queue)”. Dessa forma a utilização das esteiras, que não foram modeladas como **Resource**, mas sim como estrutura do modelo, recebendo nome próprio para que permitissem às malas e aos passageiros a alocação à mesma esteira a que seu voo foi designado. Esta alocação de passageiros e bagagem não foi realizada por limitações no domínio do *software*, mas o modelo está preparado para receber esta modificação, que é uma das sugestões para trabalhos futuros.

O módulo **Hold** citado no parágrafo anterior é do tipo *wait for signal*. Ele espera o primeiro passageiro chegar à SRB com o mesmo atributo “Voo” que o avião que designou à esteira. Quando este sinal é dado, começa uma contagem de tempo de 30 minutos que retém a esteira. Após esse tempo a esteira é liberada para um próximo voo que esteja na fila. Uma modelagem mais realista teria o tempo de espera do passageiro como consequência da ocasião de o passageiro e sua bagagem estarem na esteira ao mesmo tempo, em vez de impor o tempo de

espera. Para isso deve ser feito um modelo que considera as entidades bagagens e as relaciona com as entidades passageiros.

### 2.3.6 Sala de Restituição de Bagagem

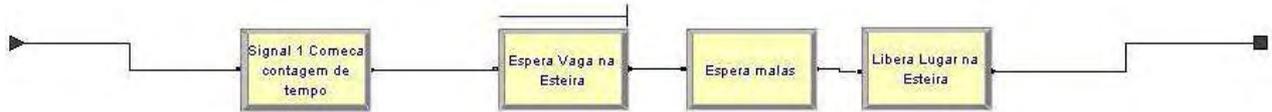
O passageiro chega através da **Station** “Pax Claim Station” e analogamente ao que foi feito na Vistoria de Passaportes, há um contador da quantidade de pessoas presentes e é mobilizado um espaço na SRB. O submodelo “Esteiras” está mostrado na Figura 14. Depois de passar pelas esteiras, o passageiro sai da SRB, e a variável contador é diminuída de uma unidade. O espaço na SRB é liberado e o nível de serviço é avaliado da mesma forma que foi avaliado na Sala de Vistoria de Passaportes, seguindo seus critérios, conforme o Item 2.1 Dimensionamento Preliminar. Os passageiros sem bagagem se unem a estes e saem do sistema. É armazenado o tempo total, o contador “Pax no TPS” é diminuído de uma unidade, e as entidades saem do sistema.



**Figura 13 - Caminho do passageiro na SRB.**

O primeiro módulo do submodelo é um **Signal**, que emite um sinal com o valor Voo do atributo do passageiro, liberando a esteira escolhida pelo seu voo para começar a contagem de 30 minutos de utilização. “Espera Vaga na Esteira” mobiliza um recurso Vaga na Esteira, que representa a utilização de um espaço na SRB. Após mobilizar um lugar na esteira, o passageiro segue para um módulo de **Delay** que segura o passageiro tanto tempo quanto a distribuição de

tempo definida no Item 2.2.2 Dados. Depois de esperar a quantidade de tempo observada em campo o passageiro deixa a SRB como se já estivesse com a sua bagagem.



**Figura 14 - Caminho do passageiro no submodelo Esteiras.**

### 3 Resultados

As simulações foram definidas em 1440 minutos, ou 24 horas de operação do aeroporto. O horário escolhido para começar a simulação foi às 4:00 do dia escolhido, pois a quarta hora do dia (de 3:00 a 4:00) é a única hora em que não há movimentos, por isso ela foi escolhida como horário de mudança de data no modelo.

Foram realizadas algumas simulações com o modelo construído. Com a demanda atual, inclusive com adição de duas aeronaves A380 na hora pico, totalizando 15 aeronaves na hora-pico, 13 esteiras foram suficientes para que não houvesse geração de fila. Quando a taxa de chegada foi multiplicada por 2, a quantidade de aeronaves chegando ao terminal na hora –pico tornou-se 30. Verificou-se, em simulação com o modelo, que havia aeronaves esperando até 30 minutos por uma posição de esteira para entregar a bagagem e este tempo de espera não é admissível. Foram alocadas mais esteiras até que em algumas simulações começaram a aparecer esteiras ociosas durante o dia inteiro. Parou-se de adicionar esteiras quando se chegou ao número de 24 esteiras. Como as esteiras são alocadas seguindo o modelo de pilhas (*Last In - First Out*), com essa quantidade já havia esteiras com grau de utilização mais elevado e esteiras que eram utilizadas somente em momentos de pico.

O Relatório de Resultados está disponível no Apêndice C – Relatório de Resultados do Arena. Na página 2/14, é possível ver que o tempo total dos passageiros no sistema, na média das 5 compilações ficou entre 1 e 38 minutos, com média de 25 a 27 minutos, dependendo da nacionalidade do passageiro.

A quantidade de agentes foi alterada iterativamente a fim de balancear a utilização dos agentes que atendem passageiros brasileiros e estrangeiros e, principalmente, balancear o tempo de fila na vistoria de passaportes. Foram alocados 10 agentes para atender brasileiros e 38 agentes para atender estrangeiros. Não foi adotado qualquer controle de escala de quantidade de agentes para horários menos movimentados, permanecendo toda a equipe durante as 24 horas de simulação.

O tempo de fila para a imigração observado na simulação teve média de 5 minutos e tempo máximo de espera de 13,1 minutos para passageiros estrangeiros, se aproximando satisfatoriamente da média de espera observada nos dados coletados no SBGL. A média de tempo observada foi de 3 minutos com tempo máximo de espera de 14 minutos. Como a observação no SBGL foi em um dia normal (entende-se fora do período mais movimentado), uma média de tempo de espera de 5 minutos ao longo do dia inteiro, contando inclusive com a hora-pico, em que o tempo deve ser maior, foi considerada adequada.

A utilização instantânea dos recursos empregados é mostrada comparativamente na Figura 16. Sua legenda é mostrada na Figura 15. Esta figura está, também, na página 12/14 do Relatório de Resultados, no Apêndice C – Relatório de Resultados do Arena. As duas primeiras colunas azul e vermelha representam a porcentagem do tempo que os agentes que atendem respectivamente passageiros brasileiros e estrangeiros estão sendo mobilizados. A partir da terceira coluna, até a antepenúltima coluna (de cor magenta), representam a utilização das esteiras de bagagem na seguinte ordem: 1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 2, 20, 21, 22, 23, 24, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Como a solicitação das esteiras é feita no modelo *Last In – First Out*, a utilização das primeiras esteiras é bem maior que as últimas. Algumas que têm taxa de utilização mais baixa devem ser usadas somente na hora de maior movimento operacional. Na página 9/14 é possível ver a utilização instantânea em números. As esteiras 21 a 24 são utilizadas somente em 1% do tempo.



Figura 15 – Legenda para a Figura 16.

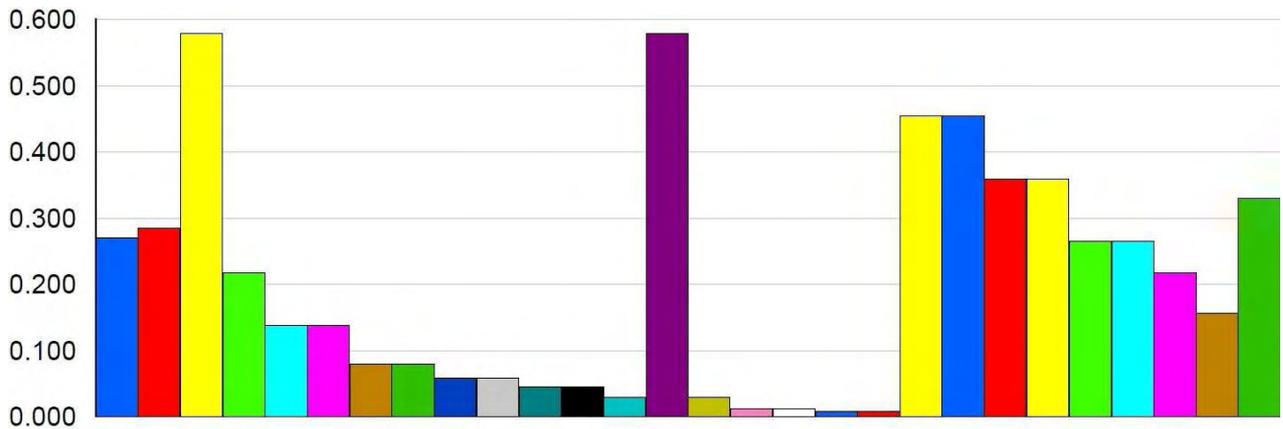


Figura 16 - Utilização instantânea dos recursos do modelo.

## 4 Discussão dos Resultados

Ratifica-se que os resultados produzidos neste estudo são fruto de várias premissas e dados arbitrários e não devem ser considerados resultados com valor científico.

O nível de serviço observado nas simulações foi relatado na última página do Relatório de Resultados: 14/14. Lembrando que o pré-dimensionamento de área disponível para os componentes de desembarque foi feito pelo método Medeiros (2004) com índices para nível de serviço C, foi possível comparar os resultados deste modelo em termos de nível de serviço observado.

No setor de vistoria de passaportes, 100% dos passageiros foram atendidos com nível de serviço A. No setor de restituição de bagagem, 95,5% dos passageiros foram atendidos com nível de serviço Alto, 3,5% foi atendido com nível de serviço Bom e 1% com nível de serviço Regular.

Além disso, a quantidade máxima de passageiros no terminal, observada, foi de 7440 passageiros no terminal. Essa quantidade está dentro do esperado pelo dimensionamento preliminar, e mesmo assim esses passageiros não estão todos ao mesmo tempo somente na vistoria de passaportes, ou somente na restituição de bagagens. De acordo com este modelo, dadas as premissas utilizadas e a simplificação feita na modelagem da restituição de bagagem, a distribuição de passageiros entre os setores é de 2/3 na vistoria de passaportes e 1/3 na restituição de bagagem.

Isto indica que o método Medeiros (2004) pode ter sido mais conservador no dimensionamento. Em condições normais de operação do aeroporto, fora de situações de falha, como greve de funcionários, equipamento fora de funcionamento, que imponham restrições sérias para a infraestrutura de atendimento, o dimensionamento pelo método tradicional seria conservador.

## 5 Conclusões e Recomendações

O modelo é capaz de gerir entradas de aeronaves de diferentes tamanhos e simula a chegada de aeronaves conforme agenda. É possível obter o número do voo e atribuí-lo aos passageiros. Da mesma forma como os passageiros foram construídos, através do módulo *duplicate*, as bagagens podem ser criadas a partir dos passageiros. Esta é uma recomendação para trabalhos posteriores. O modelo é capaz de informar a área de uso dos componentes de desembarque, especialmente a área de fila da vistoria de passaportes, e dimensiona-la, ou calcular o nível de serviço de  $m^2/\text{passageiro}$ .

Para validação do modelo e construção de premissas legítimas (não arbitradas), deve-se saber a taxa de ocupação das aeronaves, deve-se ter informação de quanto tempo os passageiros levam para ser atendidos no aeroporto de estudo e o tempo que levam na hora-pico e em diversas horas do dia (não se sabe em que hora do dia foram coletados os dados) e a composição de estrangeiros-brasileiros.

Apesar de terem sido usados dados arbitrários, pode-se tecer alguns comentários a respeito do método tradicional de dimensionamento. Considerar que  $2/3$  dos passageiros na hora-pico estão no desembarque para dimensionamento do mesmo é uma premissa razoável, pois a hora-pico do desembarque não é necessariamente a mesma hora-pico do embarque. Mas esse método considera para o dimensionamento de cada etapa do desembarque que 100% dos passageiros do desembarque estão simultaneamente na etapa dimensionada, o que muito dificilmente acontecerá.

No entanto o resultado deste estudo não é suficientemente fundamentado para mostrar que a simulação pode oferecer um método mais eficiente (que resultaria num projeto mais econômico) de dimensionamento, para oferecer o nível de serviço desejado.

## **6 Sugestões para Trabalhos Posteriores**

Há estudos mais aprofundados sobre simulação da Sala de Restituição de Bagagens, inclusive considerando o funcionamento de cada esteira. O aprofundamento do estudo nessa área pode produzir resultados mais confiáveis e validáveis.

Seria interessante o estudo de casos com o modelo simulando situações de falha para ver como o sistema se comporta, e como essas falhas afetam a qualidade do atendimento e a porcentagem dos passageiros atendidos com cada nível de serviço.

## Referências Bibliográficas

- ANAC (2011) *Relatório 6 - Critérios de qualidade de serviço para elaboração do Plano de Exploração Aeroportuária e Metodologia de Execução do Aeroporto Internacional de São Gonçalo do Amarante*. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/transparencia/audiencia/audiencia21-2010/Relat%C3%B3rio%206%20-20%C3%8Dndice%20de%20Qualidade%20de%20Servi%C3%A7os.pdf>> Acesso em 24/11/2011.
- ANAC (2011) *1.5 - Voos autorizados vigentes*. HOTRAN. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/hotran/>>. Acesso em 20/10/2011.
- Eller, R. A. G., Feitosa, M. V. M. e Porto, P. P. (2011) *Simulation model of a baggage claim device coping with a new large aircraft (NLA)*. Revista de Literatura dos Transportes, vol. 5, n. 2, pp. 63-72.
- Carlos, F. E.; Condé, M. R. M. e Schiller, L. A. (2010) *Projeto do Terceiro Aeroporto da RMSP*. Trabalho da Disciplina TRA-52, ITA, São José dos Campos, SP.
- ANAC (2007) *Demanda na Hora Pico – Aeroportos da Rede Infraero*. Rio de Janeiro, RJ. 1ª Ed. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/arquivos/pdf/horaPicoForWeb.pdf>>. Acesso em 24/06/2011.
- Altiok, T e Melamed, B (2007) *Simulation Modeling and Analysis with Arena*, Elsevier, Burlington-MA, EUA.
- Medeiros, A. G. M. (2004) *Um Método Para Dimensionamento de Terminais de Passageiros em Aeroportos Brasileiros*. Tese de Mestrado, ITA, São José dos Campos, SP.

## Apêndice A – HOTRAN de voos com chegada em SBGR

Estes horários de chegada de aeronaves foram obtidos da referência ANAC (2010) 1.5 - *Voos autorizados vigentes*. HOTRAN. Disponível em: <<http://www2.anac.gov.br/hotran/>>. Acesso em 01/07/2011. De todos os voos vigentes neste HOTRAN, foram selecionados os autorizados para o Aeroporto SBGR, de origem internacional.

Equip.	Qtde Assentos	Horário Chegada
B737	140	00:30
B737	140	00:30
B738	160	00:50
B738	183	01:30
CRJ9	90	01:40
B772	259	01:55
A320	168	02:45
A320	156	04:35
B738	184	04:35
B772	291	04:50
A332	223	04:55
A345	267	05:00
A321	194	05:10
A343	221	05:10
B773	365	05:10
A332	223	05:20
B744	299	05:20
B744	330	05:25
A332	252	05:30
A332	223	05:30
A343	219	05:45
A332	223	05:50
B772	246	05:55
B738	184	06:00
B773	303	06:00
B773	365	06:05
B738	160	06:25
A346	342	06:30
A332	223	06:45
A332	223	06:45

B763	219	07:15
B763	216	07:20
A332	223	07:25
A332	223	07:30
B772	246	07:40
A320	156	07:45
B763	221	08:10
A320	156	08:15
B764	241	08:15
B772	246	08:15
A320	156	08:30
B772	258	08:35
B772	279	08:45
A332	223	08:50
B762	174	08:50
B762	174	08:50
B772	246	09:00
A320	168	09:20
B763	216	09:25
A320	156	09:30
B738	183	09:30
B738	183	09:35
B738	183	09:40
B737	140	09:45
B772	258	09:45
B738	184	09:55
B763	211	10:30
B772	271	10:55
B738	183	11:25
A320	156	11:50
A320	156	11:50
B763	221	12:05

B738	183	12:20
B737	140	12:35
B733	138	13:20
B772	255	13:20
A320	156	13:30
B738	183	13:50
B735	108	14:00
A332	251	14:20
B738	183	14:35
B762	175	14:45
CRJ9	90	14:50
A320	156	15:00
A343	268	15:40
A320	156	15:50
B763	221	15:50
A343	253	16:00
B772	259	16:25
B738	183	16:30
B773	354	16:30
A332	223	16:35
A320	168	16:40
A320	150	17:00
B773	425	17:05
A332	263	17:10
A332	208	17:25
B773	365	17:25

A320	156	17:35
A320	168	17:40
A343	254	18:00
B738	183	18:20
A332	223	18:25
B763	221	18:35
B738	183	19:20
B738	183	19:25
A320	156	19:30
B737	140	20:00
A332	223	20:15
A332	223	20:25
B772	258	20:25
B738	160	20:30
A332	223	20:50
A332	223	20:55
B738	184	20:55
A320	156	21:05
B773	365	21:25
CRJ9	90	21:50
B737	140	22:50
A319	132	23:10
A320	168	23:15
A320	156	23:25
B738	183	23:25

## Apêndice B – Dados coletados no SBGL

<b>DADOS DE SBGL INTERNACIONAL</b>		
<b>ESTEIRA</b>	<b>IMIGRAÇÃO</b>	
<b>Tempo Espera Esteira (min:seg)</b>	<b>Tempo Espera Passaporte (min:seg)</b>	<b>Tempo Atendimento Passaporte (min:seg)</b>
08:09	00:03	00:10
21:00	00:00	00:12
09:14	06:20	00:15
12:20	00:14	00:17
07:24	02:40	00:17
13:26	01:30	00:18
07:26	00:13	00:21
04:31	00:00	00:21
01:35	00:00	00:23
04:20	01:02	00:25
12:50	02:25	00:27
02:11	05:15	00:28
06:21	14:00	00:30
11:00	05:24	00:35
02:19	06:17	00:39
08:50	02:56	00:40
09:30	00:00	00:42
07:50	06:27	00:46
02:38	00:18	00:49
01:42	00:51	00:50
04:22	00:01	00:50
17:22	04:37	00:50
09:28	00:00	00:51
14:28	01:15	00:53
05:28	00:50	00:59
12:35	05:16	01:02
11:50	00:40	01:05
09:00	01:41	01:07
09:18	03:16	01:10
09:00	02:34	01:10
04:20	00:00	01:11
05:39	04:08	01:13
04:29	02:47	01:13

02:59	07:49	01:15
08:35	07:37	01:16
10:23	06:39	01:16
01:08	02:37	01:18
09:34	06:23	01:20
23:02	00:00	01:21
22:40	00:00	01:22
06:25	09:51	01:28
02:17	04:49	01:32
18:36	00:05	01:32
19:50	05:34	01:36
22:18	04:15	01:46
03:46	01:38	01:52
23:25	00:00	01:54
10:34	05:18	02:02
12:28	06:59	02:03
10:32	02:18	02:21
04:05	00:00	02:53
28:28	03:50	03:26
20:00	01:10	03:29
15:41	00:53	04:02
09:14	00:05	04:03
26:34	03:08	09:29
13:58		
18:03		
21:44		
21:31		
02:07		
17:18		
14:06		
19:42		
14:28		
14:50		
09:58		
10:01		
07:16		
09:54		
14:50		
10:00		
03:00		
01:00		

02:07
08:32
05:52
05:25
02:02
58:45
06:25
29:00
40:43
40:00
25:48
03:00
44:40
12:40
02:40
05:53
23:38
31:29
42:00
31:00
01:00
02:47
02:06
16:55
18:36
17:10

## **Apêndice C – Relatório de Resultados do Arena**

Este relatório é a saída do Arena, e possui os resultados da simulação. Na primeira página, há um número que representa a quantidade de entidades que deixou o sistema. As entidades que estão presentes no sistema: aeronaves e passageiros são todas consideradas nessa conta. Como são poucas aeronaves em comparação ao número de passageiros, pode-se dizer que aproximadamente 39 mil passageiros circularam no desembarque internacional nas 24 horas em que se deu a análise.

**TG**

Replications: 5

Time Units: Minutes

## Key Performance Indicators

### System

Number Out

Average

39,234

Values Across All Replications

## TG

Replications: 5      Time Units: Minutes

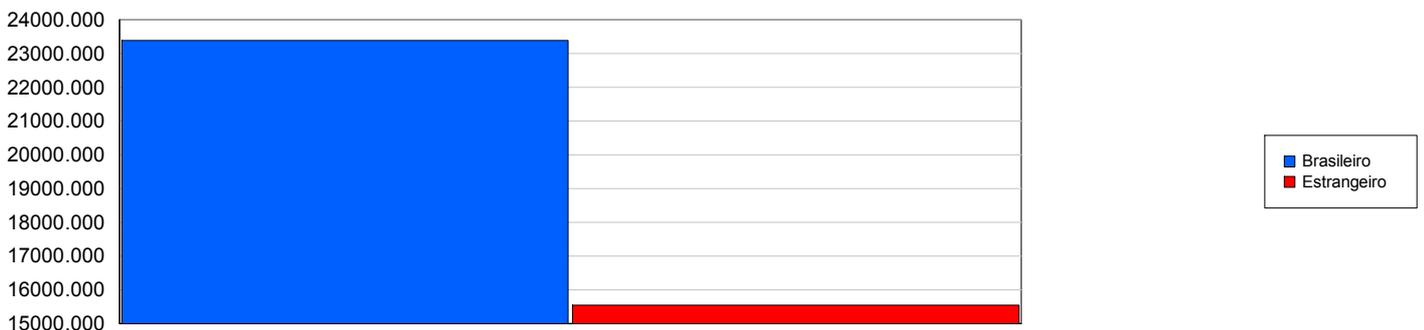
## Entity

### Time

VA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Brasileiro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Estrangeiro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NVA Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Brasileiro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Estrangeiro	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wait Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Brasileiro	5.7298	7.38	0.6722	14.0937	0.00	71.4761
Estrangeiro	6.5303	8.61	0.7962	16.8140	0.00	86.2550
Transfer Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Brasileiro	7.6949	0.17	7.5616	7.9140	1.0102	39.1231
Estrangeiro	7.6798	0.16	7.5658	7.8910	1.0244	40.0277
Other Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Brasileiro	12.3710	0.11	12.2331	12.4829	0.00003576	149.38
Estrangeiro	13.2241	0.17	13.1028	13.3929	0.08339562	182.60
Total Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Brasileiro	25.7957	7.40	20.6093	34.1191	1.0887	170.37
Estrangeiro	27.4342	8.71	21.4958	37.8156	1.2829	186.82

### Other

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Brasileiro	23390.80	1,687.65	21528.00	24760.00
Estrangeiro	15543.20	1,142.20	14203.00	16531.00



Values Across All Replications

**TG**

Replications: 5      Time Units: Minutes

**Entity****Other**

Number Out	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average		
Brasileiro	23318.60	1,717.19	21396.00	24672.00		
Estrangeiro	15494.80	1,161.01	14121.00	16467.00		
WIP	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Brasileiro	328.56	135.31	224.16	486.16	0.00	4321.00
Estrangeiro	236.22	104.31	156.74	363.32	0.00	3125.00

*Values Across All Replications*

## TG

Replications: 5      Time Units: Minutes

## Queue

### Time

Values Across All Replications

TG

Replications: 5 Time Units: Minutes

## Queue

## Time

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
E1.Queue	0.5097	1.41	0.00	2.5484	0.00	26.5805
E10.Queue	0.3319	0.92	0.00	1.6594	0.00	14.9349
E11.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E12.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E13.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E14.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E15.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E16.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E17.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E18.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E19.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E2.Queue	0.5097	1.41	0.00	2.5484	0.00	26.5805
E20.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E21.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E22.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E23.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E24.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E3.Queue	0.2070	0.57	0.00	1.0348	0.00	11.0384
E4.Queue	0.2070	0.57	0.00	1.0348	0.00	11.0384
E5.Queue	0.0980	0.27	0.00	0.4898	0.00	6.4183
E6.Queue	0.0980	0.27	0.00	0.4898	0.00	6.4183
E7.Queue	0.03502129	0.10	0.00	0.1751	0.00	1.5641
E8.Queue	0.03502129	0.10	0.00	0.1751	0.00	1.5641
E9.Queue	0.3319	0.92	0.00	1.6594	0.00	14.9349
Espera primeiro pax.Queue	1.0388	0.17	0.8285	1.1747	0.00027339	1.9394
Espera Vaga na Esteira.Queue	1.4963	2.06	0.00	3.6716	0.00	22.3791
Hold 77.Queue	0.2029	0.38	0.00936131	0.7059	0.00043967	1.4005
Hold 78.Queue	0.0922	0.23	0.00425452	0.4194	0.00164560	0.8229
Hold 79.Queue	0.0922	0.23	0.00425452	0.4194	0.00164560	0.8229
Hold 80.Queue	0.00734411	0.01	0.00	0.01792583	0.00	0.02324714
Hold 81.Queue	0.00734411	0.01	0.00	0.01792583	0.00	0.02324714
Hold 82.Queue	0.00544513	0.01	0.00	0.01687979	0.00	0.03977920
Hold 83.Queue	0.00544513	0.01	0.00	0.01687979	0.00	0.03977920
Hold 84.Queue	0.00210507	0.00	0.00	0.00753842	0.00	0.00753842
Hold 85.Queue	0.00210507	0.00	0.00	0.00753842	0.00	0.00753842
Hold 86.Queue	0.00151318	0.00	0.00	0.00756589	0.00	0.01125176
Hold 87.Queue	0.00151318	0.00	0.00	0.00756589	0.00	0.01125176
OCupa espaço Bag Claim.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ocupa espaço PassCheck.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

*Values Across All Replications*

**TG**

Replications: 5      Time Units: Minutes

**Queue**

**Time**

Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Seize Gate.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vistoria 1.Queue	4.3383	5.49	0.6681	10.7447	0.00	51.3252
Vistoria 2.Queue	5.0301	6.57	0.7917	13.0973	0.00	64.1026

**Other**

Values Across All Replications

TG

Replications: 5 Time Units: Minutes

## Queue

## Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
E1.Queue	0.00884850	0.02	0.00	0.04424252	0.00	1.0000
E10.Queue	0.00207429	0.01	0.00	0.01037143	0.00	1.0000
E11.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E12.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E13.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E14.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E15.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E16.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E17.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E18.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E19.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E2.Queue	0.00884850	0.02	0.00	0.04424252	0.00	1.0000
E20.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E21.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E22.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E23.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E24.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E3.Queue	0.00301818	0.01	0.00	0.01509090	0.00	1.0000
E4.Queue	0.00301818	0.01	0.00	0.01509090	0.00	1.0000
E5.Queue	0.00108835	0.00	0.00	0.00544173	0.00	1.0000
E6.Queue	0.00108835	0.00	0.00	0.00544173	0.00	1.0000
E7.Queue	0.00031616	0.00	0.00	0.00158082	0.00	1.0000
E8.Queue	0.00031616	0.00	0.00	0.00158082	0.00	1.0000
E9.Queue	0.00207429	0.01	0.00	0.01037143	0.00	1.0000
Espera Pax 1.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Espera primeiro pax.Queue	0.01985412	0.00	0.01438437	0.02269798	0.00	1.0000
Espera Vaga na Esteira.Queue	39.5599	54.66	0.00	99.18	0.00	1737.00
Hold 77.Queue	0.00040525	0.00	0.00001663	0.00098048	0.00	1.0000
Hold 78.Queue	0.00013664	0.00	0.00000295	0.00058248	0.00	1.0000
Hold 79.Queue	0.00013664	0.00	0.00000295	0.00058248	0.00	1.0000
Hold 80.Queue	0.00001210	0.00	0.00	0.00003837	0.00	1.0000
Hold 81.Queue	0.00001210	0.00	0.00	0.00003837	0.00	1.0000
Hold 82.Queue	0.00001196	0.00	0.00	0.00004689	0.00	1.0000
Hold 83.Queue	0.00001196	0.00	0.00	0.00004689	0.00	1.0000
Hold 84.Queue	0.00000188	0.00	0.00	0.00000524	0.00	1.0000
Hold 85.Queue	0.00000188	0.00	0.00	0.00000524	0.00	1.0000
Hold 86.Queue	0.00000210	0.00	0.00	0.00001051	0.00	1.0000
Hold 87.Queue	0.00000210	0.00	0.00	0.00001051	0.00	1.0000
OCupa espaço Bag Claim.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Values Across All Replications

## TG

Replications: 5      Time Units: Minutes

## Queue

## Other

Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Ocupa espacio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PassCheck.Queue						
Seize E2.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Seize Gate.Queue	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vistoria 1.Queue	72.4815	93.40	9.9883	183.55	0.00	3155.00
Vistoria 2.Queue	55.7149	74.01	7.8089	147.90	0.00	2398.00

Values Across All Replications

TG

Replications: 5      Time Units: Minutes

## Resource

## Usage

Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Agente 1	0.2713	0.02	0.2499	0.2855	0.00	1.0000
Agente 2	0.2849	0.02	0.2605	0.3016	0.00	1.0000
Esteira 1	0.5790	0.04	0.5352	0.6075	0.00	1.0000
Esteira 10	0.2180	0.02	0.1892	0.2306	0.00	1.0000
Esteira 11	0.1381	0.04	0.1042	0.1678	0.00	1.0000
Esteira 12	0.1381	0.04	0.1042	0.1678	0.00	1.0000
Esteira 13	0.07957192	0.04	0.04168330	0.1051	0.00	1.0000
Esteira 14	0.07957192	0.04	0.04168330	0.1051	0.00	1.0000
Esteira 15	0.05846997	0.03	0.02083629	0.08338792	0.00	1.0000
Esteira 16	0.05846997	0.03	0.02083629	0.08338792	0.00	1.0000
Esteira 17	0.04584543	0.05	0.00	0.08337170	0.00	1.0000
Esteira 18	0.04584543	0.05	0.00	0.08337170	0.00	1.0000
Esteira 19	0.02917862	0.04	0.00	0.08338022	0.00	1.0000
Esteira 2	0.5790	0.04	0.5352	0.6075	0.00	1.0000
Esteira 20	0.02917862	0.04	0.00	0.08338022	0.00	1.0000
Esteira 21	0.01250188	0.02	0.00	0.04167082	0.00	1.0000
Esteira 22	0.01250188	0.02	0.00	0.04167082	0.00	1.0000
Esteira 23	0.00833543	0.02	0.00	0.04167717	0.00	1.0000
Esteira 24	0.00833543	0.02	0.00	0.04167717	0.00	1.0000
Esteira 3	0.4548	0.05	0.3872	0.4895	0.00	1.0000
Esteira 4	0.4548	0.05	0.3872	0.4895	0.00	1.0000
Esteira 5	0.3591	0.02	0.3363	0.3797	0.00	1.0000
Esteira 6	0.3591	0.02	0.3363	0.3797	0.00	1.0000
Esteira 7	0.2645	0.04	0.2088	0.2929	0.00	1.0000
Esteira 8	0.2645	0.04	0.2088	0.2929	0.00	1.0000
Esteira 9	0.2180	0.02	0.1892	0.2306	0.00	1.0000
Gate	0.1570	0.01	0.1472	0.1667	0.00	1.0000
Vaga Esteira	0.3298	0.02	0.3017	0.3492	0.00	1.0000

Values Across All Replications

TG

Replications: 5      Time Units: Minutes

## Resource

## Usage

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Agente 1	2.7134	0.19	2.4988	2.8550	0.00	10.0000
Agente 2	10.8266	0.78	9.9004	11.4624	0.00	38.0000
Espaco BagClaim	369.40	71.47	301.74	447.70	0.00	2737.00
Espaco PassCheck	141.74	167.87	30.1965	345.65	0.00	5598.00
Esteira 1	0.5790	0.04	0.5352	0.6075	0.00	1.0000
Esteira 10	0.2180	0.02	0.1892	0.2306	0.00	1.0000
Esteira 11	0.1381	0.04	0.1042	0.1678	0.00	1.0000
Esteira 12	0.1381	0.04	0.1042	0.1678	0.00	1.0000
Esteira 13	0.07957192	0.04	0.04168330	0.1051	0.00	1.0000
Esteira 14	0.07957192	0.04	0.04168330	0.1051	0.00	1.0000
Esteira 15	0.05846997	0.03	0.02083629	0.08338792	0.00	1.0000
Esteira 16	0.05846997	0.03	0.02083629	0.08338792	0.00	1.0000
Esteira 17	0.04584543	0.05	0.00	0.08337170	0.00	1.0000
Esteira 18	0.04584543	0.05	0.00	0.08337170	0.00	1.0000
Esteira 19	0.02917862	0.04	0.00	0.08338022	0.00	1.0000
Esteira 2	0.5790	0.04	0.5352	0.6075	0.00	1.0000
Esteira 20	0.02917862	0.04	0.00	0.08338022	0.00	1.0000
Esteira 21	0.01250188	0.02	0.00	0.04167082	0.00	1.0000
Esteira 22	0.01250188	0.02	0.00	0.04167082	0.00	1.0000
Esteira 23	0.00833543	0.02	0.00	0.04167717	0.00	1.0000
Esteira 24	0.00833543	0.02	0.00	0.04167717	0.00	1.0000
Esteira 3	0.4548	0.05	0.3872	0.4895	0.00	1.0000
Esteira 4	0.4548	0.05	0.3872	0.4895	0.00	1.0000
Esteira 5	0.3591	0.02	0.3363	0.3797	0.00	1.0000
Esteira 6	0.3591	0.02	0.3363	0.3797	0.00	1.0000
Esteira 7	0.2645	0.04	0.2088	0.2929	0.00	1.0000
Esteira 8	0.2645	0.04	0.2088	0.2929	0.00	1.0000
Esteira 9	0.2180	0.02	0.1892	0.2306	0.00	1.0000
Gate	8.7929	0.62	8.2459	9.3333	0.00	56.0000
Vaga Esteira	329.84	24.55	301.74	349.19	0.00	1000.00

Values Across All Replications

TG

Replications: 5 Time Units: Minutes

## Resource

## Usage

Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Agente 1	10.0000	0.00	10.0000	10.0000	10.0000	10.0000
Agente 2	38.0000	0.00	38.0000	38.0000	38.0000	38.0000
Esteira 1	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 10	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 11	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 12	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 13	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 14	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 15	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 16	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 17	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 18	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 19	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 2	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 20	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 21	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 22	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 23	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 24	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 3	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 4	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 5	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 6	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 7	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 8	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Esteira 9	1.0000	0.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Gate	56.0000	0.00	56.0000	56.0000	56.0000	56.0000
Vaga Esteira	1000.00	0.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00

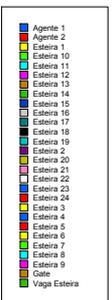
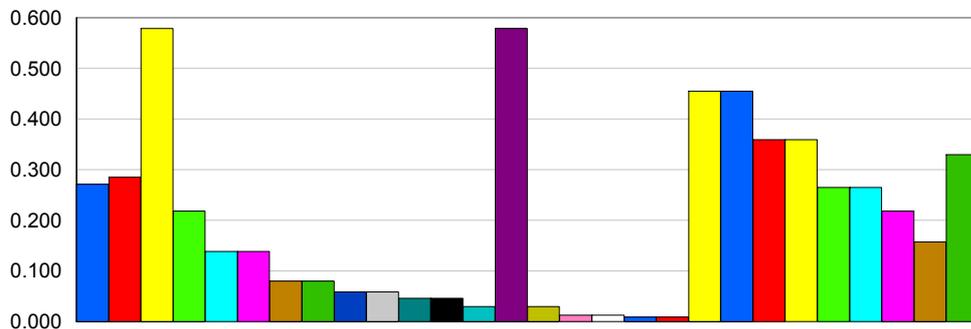
## TG

Replications: 5      Time Units: Minutes

## Resource

### Usage

Scheduled Utilization	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Agente 1	0.2713	0.02	0.2499	0.2855
Agente 2	0.2849	0.02	0.2605	0.3016
Esteira 1	0.5790	0.04	0.5352	0.6075
Esteira 10	0.2180	0.02	0.1892	0.2306
Esteira 11	0.1381	0.04	0.1042	0.1678
Esteira 12	0.1381	0.04	0.1042	0.1678
Esteira 13	0.07957192	0.04	0.04168330	0.1051
Esteira 14	0.07957192	0.04	0.04168330	0.1051
Esteira 15	0.05846997	0.03	0.02083629	0.08338792
Esteira 16	0.05846997	0.03	0.02083629	0.08338792
Esteira 17	0.04584543	0.05	0.00	0.08337170
Esteira 18	0.04584543	0.05	0.00	0.08337170
Esteira 19	0.02917862	0.04	0.00	0.08338022
Esteira 2	0.5790	0.04	0.5352	0.6075
Esteira 20	0.02917862	0.04	0.00	0.08338022
Esteira 21	0.01250188	0.02	0.00	0.04167082
Esteira 22	0.01250188	0.02	0.00	0.04167082
Esteira 23	0.00833543	0.02	0.00	0.04167717
Esteira 24	0.00833543	0.02	0.00	0.04167717
Esteira 3	0.4548	0.05	0.3872	0.4895
Esteira 4	0.4548	0.05	0.3872	0.4895
Esteira 5	0.3591	0.02	0.3363	0.3797
Esteira 6	0.3591	0.02	0.3363	0.3797
Esteira 7	0.2645	0.04	0.2088	0.2929
Esteira 8	0.2645	0.04	0.2088	0.2929
Esteira 9	0.2180	0.02	0.1892	0.2306
Gate	0.1570	0.01	0.1472	0.1667
Vaga Esteira	0.3298	0.02	0.3017	0.3492



Values Across All Replications

## TG

Replications: 5      Time Units: Minutes

## Resource

### Usage

Total Number Seized	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Agente 1	23390.00	1,687.61	21528.00	24760.00
Agente 2	15543.20	1,142.20	14203.00	16531.00
Espaco BagClaim	36921.00	2,767.14	33755.00	39176.00
Espaco PassCheck	38934.00	2,822.64	35731.00	41291.00
Esteira 1	27.4000	2.08	25.0000	29.0000
Esteira 10	10.4000	1.11	9.0000	11.0000
Esteira 11	6.6000	1.88	5.0000	8.0000
Esteira 12	6.6000	1.88	5.0000	8.0000
Esteira 13	3.8000	2.04	2.0000	5.0000
Esteira 14	3.8000	2.04	2.0000	5.0000
Esteira 15	2.8000	1.62	1.0000	4.0000
Esteira 16	2.8000	1.62	1.0000	4.0000
Esteira 17	2.2000	2.22	0.00	4.0000
Esteira 18	2.2000	2.22	0.00	4.0000
Esteira 19	1.4000	2.08	0.00	4.0000
Esteira 2	27.4000	2.08	25.0000	29.0000
Esteira 20	1.4000	2.08	0.00	4.0000
Esteira 21	0.6000	1.11	0.00	2.0000
Esteira 22	0.6000	1.11	0.00	2.0000
Esteira 23	0.4000	1.11	0.00	2.0000
Esteira 24	0.4000	1.11	0.00	2.0000
Esteira 3	21.6000	2.08	19.0000	23.0000
Esteira 4	21.6000	2.08	19.0000	23.0000
Esteira 5	17.0000	1.24	16.0000	18.0000
Esteira 6	17.0000	1.24	16.0000	18.0000
Esteira 7	12.6000	1.88	10.0000	14.0000
Esteira 8	12.6000	1.88	10.0000	14.0000
Esteira 9	10.4000	1.11	9.0000	11.0000
Gate	213.60	13.42	202.00	226.00
Vaga Esteira	36921.00	2,767.14	33755.00	39176.00



Values Across All Replications

## TG

Replications: 5      Time Units: Minutes

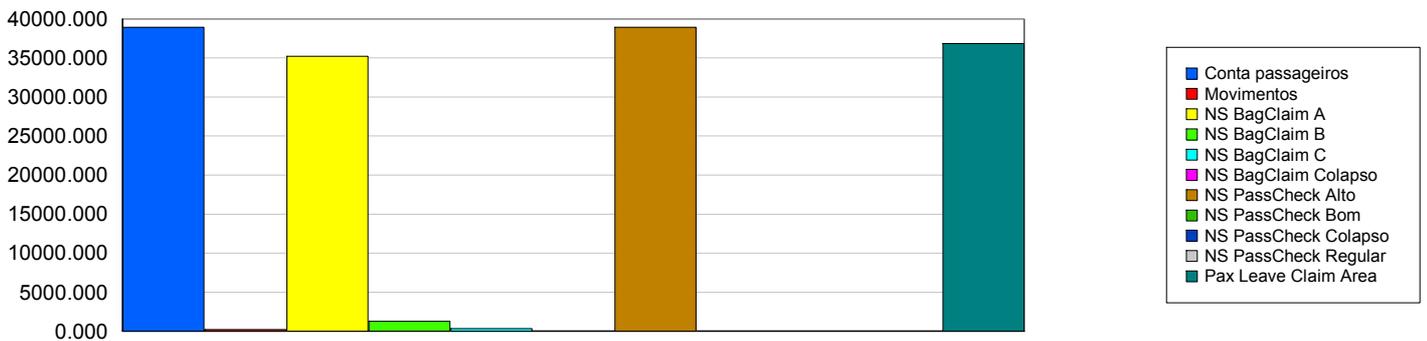
## User Specified

### Tally

Expression	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Numero de Pax no Baggage Claim	747.81	262.66	523.51	997.89	0.00	2736.00
Numero de Pax no PassCheck	488.03	576.78	106.83	1178.93	0.00	5597.00
Interval	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Tempo no PassCheck	5.1166	5.92	1.2175	12.1814	0.00001321	65.9386
Tempo Total	26.4490	7.91	20.9618	35.5902	1.0887	186.82

### Counter

Count	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
Conta passageiros	38934.00	2,822.64	35731.00	41291.00
Movimentos	213.60	13.42	202.00	226.00
NS BagClaim A	35231.00	2,960.67	33642.00	39099.00
NS BagClaim B	1285.60	2,199.62	0.00	3498.00
NS BagClaim C	347.60	964.94	0.00	1738.00
NS BagClaim Colapso	0.00	0.00	0.00	0.00
NS PassCheck Alto	38914.40	2,825.46	35705.00	41264.00
NS PassCheck Bom	0.00	0.00	0.00	0.00
NS PassCheck Colapso	0.00	0.00	0.00	0.00
NS PassCheck Regular	0.00	0.00	0.00	0.00
Pax Leave Claim Area	36864.20	2,795.81	33642.00	39099.00



### Time Persistent

Variable	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average	Minimum Value	Maximum Value
Passageiros no TPS	564.78	239.47	380.90	849.48	0.00	7440.00
Pax em BC	369.40	71.47	301.74	447.70	0.00	2737.00
Pax em PC	141.74	167.87	30.1965	345.65	0.00	5598.00

## FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO <p style="text-align: center;"><b>TC</b></p>	2. DATA <p style="text-align: center;">25 de novembro de 2011</p>	3. REGISTRO N° <p style="text-align: center;">DCTA/ITA/TC-137/2011</p>	4. N° DE PÁGINAS <p style="text-align: center;">68</p>
5. TÍTULO E SUBTÍTULO:  Construção de um modelo de simulação computacional para avaliar e dimensionar componentes de desembarque de terminais de passageiros.			
6. AUTOR(ES):  <b>Luiz Adolfo Schiller</b>			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES):  Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR:  Modelo, Simulação, Terminal de passageiros, Desembarque, Arena.			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO  Aeropostos; Terminais de passageiros; Modelos; Simulação computadorizada; Planejamento de aeropostos; Administração de transportes; Engenharia aeronáutica; Transportes			
10. APRESENTAÇÃO: <p style="text-align: right;"><b>X Nacional      Internacional</b></p> ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientador: Prof PhD Anderson Ribeiro Correia. Publicado em 2011.			
11. RESUMO:  Este estudo construiu um modelo de simulação computacional para avaliar nível de serviço e dimensionar componentes de desembarque baseados no movimento do Aeroporto Internacional de Guarulhos. Os resultados devem ser relativizados, pois alguns dados de entrada no modelo foram arbitrados. Apesar de não ser uma conclusão definitiva, há uma indicação de que a área de restituição de bagagens e de vistoria de passaportes dimensionados por métodos tradicionais seja maior do que a necessária para oferecer o nível de serviço pretendido.			
12. GRAU DE SIGILO:  <b>(X) OSTENSIVO      ( ) RESERVADO      ( ) CONFIDENCIAL      ( ) SECRETO</b>			